

ВЛИЯНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ БАЛЕЙСКОГО РУДНОГО РАЙОНА НА РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

И. П. НОВИКОВ, В. А. КОРТУНОВ

(Представлена научным семинаром кафедры геофизических методов разведки)

Как известно, на результаты электроразведочных работ большое влияние оказывают гидрогеологические особенности исследуемых площадей. Пренебрежение этими особенностями или же неумение их правильно учесть во многих случаях может привести исследователя-геофизика к неправильному истолкованию природы получаемых электроразведочных аномалий и, как следствие этого, будет снижаться, а в некоторых случаях даже сводиться на нет эффективность этого вида исследований. Особенно это относится к районам с сопочным и гористым рельефами и районам развития многолетней мерзлоты. К подобным районам относится и описываемый нами район Балей.

Из всех гидрогеологических особенностей Балейского рудного района на результаты электроразведочных исследований оказывают существенное влияние два фактора: тип подземных вод и развитие многолетней мерзлоты.

Тип подземных вод, приуроченность вод определенного типа к тем или иным геологическим образованиям или структурам, наряду с минералогическими, структурно-текстурными и другими факторами, сильно влияют на электрическую проводимость пород. Удельное электрическое сопротивление вод, в свою очередь, зависит от химического состава и концентрации солей, растворенных в этих водах.

Влияние химического состава вод на величину удельного сопротивления горных пород невелико. Наибольшее влияние на проводимость водных растворов, а следовательно и пород, оказывает концентрация в них солей. В природных условиях концентрация солей, растворенных в водах, колеблется в довольно широких пределах—от долей миллиграмма на 1 литр (поверхностные пресные воды) до десятков и даже сотен граммов на 1 литр (пластовые воды). Следовательно, и проводимость вод и пород, насыщенных этими водами, также изменяется в широких пределах.

В тех случаях, когда концентрация солей в водах не значительна, что характерно для Балейского района, определяющее влияние на уде-

льное сопротивление пород оказывает их обводненность, которая, в свою очередь, зависит в основном от пористости и трещиноватости пород, обусловленных текстурно-структурными особенностями. Таким образом, наиболее пористые и трещиноватые, а следовательно, и наиболее обводненные геологические образования могут отмечаться аномалиями как низкоомные объекты.

Развитие мерзлоты также существенно влияет на величину удельного сопротивления пород. Обычно мерзлота повышает сопротивление пород, если в расчет принимать только свободную воду. В свете же современных представлений в грунтовой системе содержатся три вида воды: гравитационная (иначе — свободная, объемная), граничная (иначе — прочно-связанная, адсорбированная, пленочная) и приграничная (рыхло-связанная) (Тютюнов, 1961). Гравитационная вода заполняет крупные поры и полости в породах. Граничная представляет собой слой воды, соизмеримый с толщиной молекул, удерживаемый на поверхности твердой фазы силами молекулярного притяжения. Эта вода не расширяется при замерзании и не выделяет скрытой теплоты льдообразования. Адсорбированная вода, составляющая граничную фазу, отличается от свободной воды химическими и термодинамическими свойствами: в ней разрушены или деформированы водородные связи и она находится на более высоком энергетическом уровне.

Приграничная фаза является переходной от граничной к свободной. Она находится в сфере ослабленного воздействия силового поля минеральных частиц и до некоторой степени обладает свойствами граничной и свободной воды.

Если при изучении влияния мерзлоты на удельное сопротивление пород принимать во внимание свободную воду, то на основе этого легко прийти к выводу, что при температурах ниже $-0,2^{\circ}$ сопротивление мерзлых пород должно резко возрасти до значений сопротивления льда, поскольку при температурах 0° минус $0,2^{\circ}$ вся свободная вода переходит в твердое состояние. Из практики же изучения районов с развитием мерзлоты установлено, что при меньших температурах — $0,2^{\circ}$ высокими значениями сопротивлений обладают только крупнозернистые (пески, галечники и др.), трещиноватые и дробленые мерзлые породы. Мелкодисперсные же мерзлые породы (глины, суглинки, породы, подвергшиеся интенсивной милонитизации), даже при сравнительно низких температурах имеют не соответственно низкое сопротивление. Малое сопротивление мелкодисперсных пород обусловлено наличием незамерзшей связанной воды граничного и приграничного слоев. Тютюнов (1961), основываясь на физико-химических процессах, протекающих в дисперсных средах, считает, что движение воды в этих средах определяется градиентом химического потенциала взаимодействующих фаз, т. е. минеральных частиц и воды. С понижением температуры повышается величина химического потенциала поверхности минеральных частиц, а следовательно, увеличивается подвижность водной пленки. Кроме этого, с понижением температуры возрастает влияние электрического поля адсорбированных молекул воды, приводящее к усилению смещения ионов и переходу их из твердой фазы в жидкую, в пределах которой движение ионов происходит более свободно.

К настоящему времени для некоторых пород установлены пределы температуры, в которых происходят значительные фазовые превращения воды. Вне пределов областей значительных фазовых превращений воды в тонкодисперсных породах с понижением температуры асимптотически уменьшается количество незамерзшей воды и в пределе (по Юнгу при -180°) она вся переходит в лед. В соответствии с этим наблюдается и асимптотическое увеличение удельного электрического со-

противления мерзлых пород. В крупнозернистых же породах, а также в трещиноватых и дробленых, за пределами области значительных фазовых превращений, остается ничтожное количество незамерзшей воды. Практически считается, что в интервале температур 0° минус $0,2^{\circ}$ вся она переходит в лед. Поэтому за пределами этой области указанные породы имеют значительные сопротивления, величина которых мало изменяется с понижением температуры.

Однако следует отметить, что трещиноватые и дробленые породы в районах развития многолетней мерзлоты не всегда, как это отмечено выше, имеют значительные удельные сопротивления.

Исследованиями на Балее, например, установлено, что указанные породы весьма часто фиксируются пониженными и даже низкими удельными электрическими сопротивлениями. Объясняется это отепляющим влиянием глубинных вод, циркулирующим по трещинам в породах. В результате теплового воздействия этих вод в мерзлых породах возникают глубокие и сквозные талики. В возникновении этих таликов большую роль играет также инфильтрация приповерхностных и поверхностных (атмосферных) вод.

На рассматриваемой нами площади Балейского района на развитие мерзлоты и различных типов подземных вод определяющее влияние оказывают три группы факторов: геоморфологический, тектонический и литологический. Это, в свою очередь, позволяет в пределах площади выделить два района существенно отличных по гидрогеологическим особенностям (Хнырев, 1959). Первый район охватывает водоразделы Борщовочного и Петровского хребтов, второй — предгорья хребтов и Ундино-Даинскую депрессию.

Для первого района характерны следующие типы вод: воды элювиально-делювиальных отложений водоразделов и склонов и аллювиальных и пролювиальных отложений долин — падей, воды трещин коры выветривания и трещинные воды тектонических нарушений.

В пределах второго района выделяются воды элювиально-делювиальных отложений склонов возвышенностей и элювиально-пролювиальных отложений пойм и впадин древнего рельефа; воды, связанные с тектоническими нарушениями в гранитах, вулканогенно-осалочных и терригенных образованиях; воды, приуроченные к трещинам напластования и воды кварцевых жил.

Многолетняя мерзлота на рассматриваемой территории, как и во многих районах Забайкалья, развита в основном в пределах второго гидрогеологического района. Для первого же района типично лишь сезонное промерзание почвы деятельного слоя.

Вышеизложенное позволяет нам в итоге отметить следующие особенности влияния гидрогеологических условий района на его геолого-геофизическую, точнее геоэлектрическую, характеристику. Первоначально отметим влияние условий развития различных типов воды:

1. Удельное электрическое сопротивление геологических образований района определяется, главным образом, их обводненностью. Такое заключение сделано из следующих соображений: в горных породах района отсутствуют сколь-нибудь значительные скопления проводящих минералов, химический же состав вод, как указано выше, не оказывает на удельное сопротивление существенного влияния, а минерализация почти всех видов подземных вод района незначительна.

2. Таким образом за счет повышенной обводненности пониженными удельными сопротивлениями отмечаются следующие типы геологических образований рассматриваемой площади:

- а) элювиально-делювиальные талые рыхлые отложения в пределах Борщовочного и Петровского хребтов, вмещающие грунтовые воды;

б) интенсивно раздробленный структурный элювий в районах хребтов, несущий трещинные воды коры выветривания;

в) аллювиальные отложения на участках таликов в пределах Ундино-Даинской депрессии и прилегающих долин;

г) участки интенсивно раздробленных коренных пород в зонах тектонических нарушений и кварцевые руды на участках их интенсивного тектонического дробления, если соответствующие зоны повышенной трещиноватости насыщены трещинными водами. Так, например, Тасеевское месторождение отмечается самыми низкими значениями сопротивлений в сравнении с прилегающими участками. Здесь следует также отметить, что в настоящее время в связи с интенсивной разработкой месторождения, гидрогеологические условия последнего сильно изменились (значительно понизился уровень грунтовых вод, обезвоживание верхней части разреза, изменение режима циркуляции вод и т. п.). Ввиду этих обстоятельств следует ожидать, что сопротивление пород месторождения значительно возросло (в основном это относится к меловым отложениям балейской свиты).

3. Участки проводящих обводненных геологических образований имеют следующие характерные формы:

а) обводненные элювиально-делювиальные отложения имеют форму маломощных и неглубоко залегающих (5—10) линз, имеющих в плане неправильную конфигурацию. Электроразведочные аномалии от этих линз наблюдаются, главным образом, в низинах рельефа, т. е. на участках повышенной мощности и обводненности рыхлых отложений;

б) участки обводненной коры выветривания (трещиноватого структурного элювия), отличаются от линз элювиально-делювиальных отложений большими вертикальными размерами (до 40-50 м), меньшей пористостью и обводненностью и, следовательно, большим удельным сопротивлением. На участках повышенной мощности делювиальных отложений электроразведочные аномалии от карманов коры выветривания «затушевываются» и «маскируются» от названных отложений. Ожидать выявления аномалий от карманов коры выветривания следует лишь на участках с выдержанными по мощности и обводненности наносами, главным образом, в пределах склонов хребтов;

в) для талого обводненного аллювия характерными формами залегания являются более или менее выдержанные по площади горизонтально залегающие линзы. Мощность таких линз на участках таликов может приближаться к суммарной мощности аллювия. На участках развития надмерзлотных, межмерзлотных и подмерзлотных вод геоэлектрический разрез аллювия может приобретать слоистое строение — чередование линз повышенной и пониженной проводимости;

г) наконец, обводненные раздробленные породы тектонических зон имеют, по-видимому, формы крутопадающих пластообразных тел с четко выраженным простиранием и значительным распространением на глубину. Мощность таких зон в большинстве случаев значительно меньше их размеров по простиранию. В зависимости от степени дробления пород этих зон, а следовательно и обводненности, а также мощности перекрывающих рыхлых отложений и их влажности, указанные зоны отмечаются либо узкими, вытянутыми аномальными полями пониженных и низких значений сопротивлений (значительная обводненность зон, небольшая мощность рыхлых перекрывающих отложений, равная или меньше мощности зон), либо незначительным понижением поля сопротивлений без сколь-нибудь четко выраженных границ, либо вообще могут не отмечаться в случае больших мощностей перекрывающих рыхлых отложений, превосходящих мощности зон в 5 и более раз. К изложенному следует добавить, что проводимость таких зон в сравнении с

обводненными рыхлыми образованиями будет ниже, ввиду меньшей пористости и трещиноватости, а следовательно, и обводненности тектонических раздробленных пород.

Отмечая влияние на электрические свойства пород мерзлоты, укажем в начале на роль сезонного промерзания. Зона сезонного промерзания образует первый от поверхности слой сравнительно небольшой мощности (до 4-5), но обычно высокого сопротивления. Сезонные изменения размеров этой зоны, изменение во времени ее электрических свойств, а также различная проводимость крупнозернистых и тонкодисперсных образований делают трудно сопоставимыми результаты электроразведочных исследований, полученные в разное время года на малых разносах питающей линии. Вследствие этого не представляется возможным производить количественную интерпретацию левых кривых вертикального зондирования, а также интерпретировать данные методов электропрофилеирования, чувствительных к неоднородностям верхней части разреза.

Выше было указано, в общих чертах, на роль многолетней мерзлоты в формировании геоэлектрического облика различных геологических образований. В пределах Балейского района, в результате развития многолетней мерзлоты, повышенными и высокими сопротивлениями обладают следующие геологические образования:

- а) делювиально-пролювиальные отложения предгорий Борщовочного и Петровского хребтов;
- б) отложения коры выветривания, имеющие значительную мощность;
- в) крупнозернистые (галечик, песок, гравий) аллювиальные отложения Ундино-Даинской депрессии и примыкающих к ней долин.

В сравнении с перечисленными образованиями мерзлые тонкодисперсные аллювиальные отложения района (суглинки, глины, милониты), в свете современных представлений о физико-химических процессах, протекающих в зонах многолетней мерзлоты, должны отмечаться более низкими удельными сопротивлениями.

ЛИТЕРАТУРА

И. А. Тютюнов. Введение в теорию формирования мерзлых пород. Изд. АН СССР, 1961.

И. А. Тютюнов. Физико-химические изменения пород на Крайнем Севере. Физико-химические процессы в промерзающих и мерзлых горных породах. Изд. АН СССР, 1961.

Г. И. Хнырёв, О. А. Логинова. Отчёт по гидрогеологическим работам ГРЭ к-та «Балейзолото» за 1954-59 г. г. Фонды комбината «Балейзолото».