

Совершенствование аппаратуры и оборудования для повышения результативности геофизических работ при исследовании верхней части разреза многолетнемерзлых пород

Смилевцев О.Д., Хаюк Н.В., Варламов О.В., Кротова У.А., СГТУ, г. Саратов

Данные об удельном электрическом сопротивлении (УЭС), и закономерности его изменения являются исходными для определения свойств пород верхней части разреза (ВЧР) как в мерзлом, так и талом состоянии. При этом многие изменения в породах, даже очень кратковременные, становятся ясными и легко поддающимися измерениям без нарушения естественного состояния пород.

Электроразведочную аппаратуру, используемую при исследовании ВЧР многолетнемерзлых пород (ММП), можно разделить на два класса: контактную, для процесса измерений с которой требуется гальванический контакт со средой и бесконтактную, использующую емкостные антенны, размещаемые на поверхности земли и не требующие гальванического контакта с ней.

В период с 1977 по 2000 гг. авторами при исследовании ВЧР ММП использовалась стандартная геофизическая аппаратура с некоторыми конструктивными изменениями, повышающими надежность регистрации сигналов. В частности, при работах в районах с плохо проводящим поверхностным слоем в установку микроэлектрических зондирований (МКВЭЗ) для увеличения питающего тока и, следовательно, повышения точности измерений были введены дополнительные питающие электроды в виде насадок на основные электроды. При этом была обеспечена возможность изменения глубины погружения и конфигурации расположения дополнительных электродов. С помощью реостата и вольтметра осуществлялись контроль и своевременная регулировка величины напряжения источника питания, что также повышало точность измерений. Это особенно важно при малых разностях питающей линии.

Стандартная геофизическая аппаратура надежна при эксплуатации, однако, малопроизводительна при использовании в методах электропрофилирования. Поэтому на последующих этапах работ она была заменена аппаратурой высокочастотного и непрерывного электрического профилирования (ВЧЭП, НЭП). Структурная схема аппаратуры НЭП-I, предназначенной для проведения геофизических исследований методом непрерывного электропрофилирования на переменном токе, представлена на рис. 1.

Генераторное устройство (5) возбуждает в земле стабилизированным током с фиксированной частотой 14 Гц электромагнитное поле через

две излучающие антенны (4, 6). На некотором расстоянии от точки возбуждения, определяемом длиной шнура-тяги (3), приемно-регистрирующим устройством (1) через антенну приемную (2) и вторую емкостную антенну, в качестве которой используется емкость, образованная оператором и землей, осуществляется избирательный прием вторичного поля и запись его параметров на регистратор, в качестве которого используется самописец. Напряженность вторичного поля связана с геологическим строением исследуемого объекта и физическими характеристиками слагающих его горизонтов. Так как возбуждение и прием электромагнитного поля осуществляется без гальванического контакта с землей, то измерения проводятся непрерывно, в процессе движения оператора.

В дальнейшем, авторами были созданы различные модификации аппаратуры, предназначенной для проведения непрерывного электропрофилирования. Среди них:

НЭП-II – обеспечивающая более точное измерение величины электрического сопротивления за счет введения в генераторное и приемно-регистрирующее устройства аппаратуры кварцевого генератора с делителем частоты;

НЭП-III – обеспечивающая повышение информативности измерений, уменьшение влияния поверхностных неоднородностей и увеличение глубинности исследований за счет использования различных рабочих частот. В данной аппаратуре существенно снижено влияние искажений и помех на выходные параметры емкостной антенны, обеспечена возможность сохранения данных в компьютере.

НЭП-IV – обеспечивающая повышенную точность измерений величины вторичного поля, мобильность и высокую производительность и надежность работы, существенное снижение временных затрат на монтаж и демонтаж аппаратуры

НЭП-V – обеспечивающая уменьшение влияния поверхностных неоднородностей, увеличение производительности полевых геофизических работ путем повышения мобильности установок, упрощения подготовки устройства к работе.

Для решения задачи повышения точности и информативности измерений величин вторичного поля за счет получения дополнительных сведений об изучаемом разрезе и уменьшения влияния поверхностных неоднородностей авторы внесли изменения в аппаратуру для непрерывного элек-

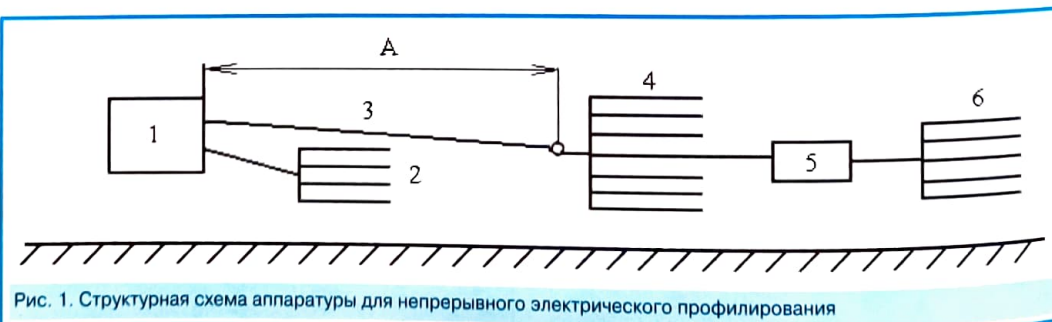


Рис. 1. Структурная схема аппаратуры для непрерывного электрического профилирования

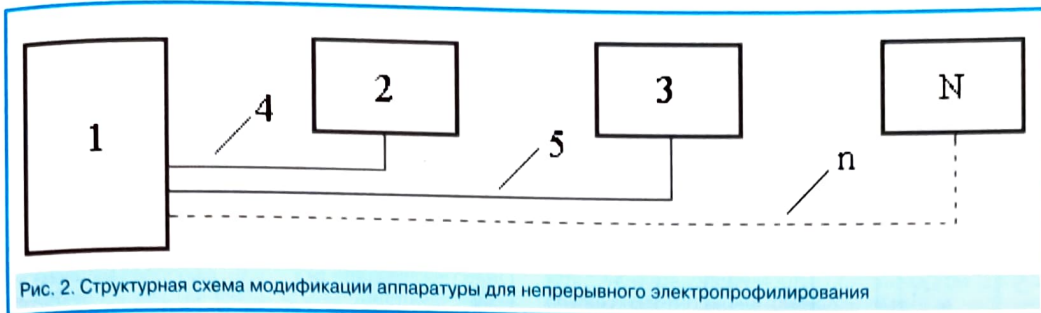


Рис. 2. Структурная схема модификации аппаратуры для непрерывного электропрофилирования

тропрофилирования (НЭП), содержащую генераторное устройство, включив в нее несколько приемно-регистрирующих устройств, взаимодействующих с генераторным устройством. Это позволило проводить измерения вторичного поля одновременно на разных глубинах, исключив ошибки, связанные с необходимостью проведения повторных измерений (разные скорости перемещения аппаратуры по профилю, разное время проведения измерений, возможные изменения поверхностных, климатических, погодных условий и т.д.). Структурная схема данной модификации аппаратуры для непрерывного электропрофилирования представлена на рис. 2.

Аппаратура состоит из генераторного устройства 1, основного приемно-регистрирующего устройства 2, введенных приемно-регистрирующих устройств 3, ..., N и шнуров-тяг 4, 5, n. Длина каждого шнура-тяги выбирается в зависимости от требуемой глубины исследований.

При перемещении приемно-регистрирующих устройств 2, 3, N, оператором в процессе движения осуществляется избирательный прием вторичного поля, регистрируемого одновременно на разных глубинах. По величине напряженностей вторичных полей в каждом из приемно-регистрирующих устройств 2, 3, N, на основе полученной дополнительной информации, повышающей точность измерений, судят о геологическом строении исследуемого объекта и физических характеристиках слагающих его горизонтов.

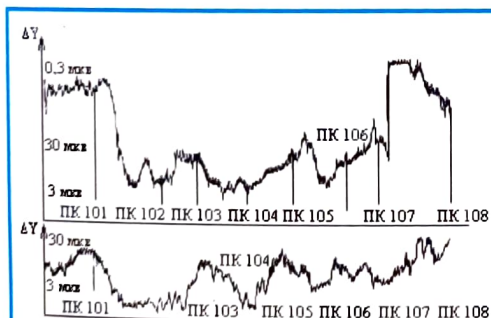


Рис. 3. Результаты полевых исследований с помощью устройства для непрерывного электропрофилирования (УНП-1)

На рис. 3 представлены результаты полевых исследований с помощью устройства для непрерывного профилирования. Подобие аномалий НЭП на разных глубинах свидетельствует об однородности строения участка.

Для решения задачи дальнейшего повышения информативности измерений величины вторичного поля за счет получения дополнительных сведений об изучаемом разрезе, увеличения производительности полевых геофизических работ путем повышения мобильности установки, упро-

щения подготовки устройства к работе генераторное и приемно-регистрирующее устройства, в одной из модификаций аппаратуры блоки питания ГУ и ПРУ размещены на транспортном средстве.

В процессе выполнения геофизических работ по исследованию ВЧР ММП с использованием перечисленной выше аппаратуры, в ряде случаев не удавалось получить информацию о распределении величины удельного электрического сопротивления в самой верхней части ее разреза (в интервале 0-2 метра), которая наиболее подвержена воздействию внешних климатических факторов, постоянно находится в стадии изменений и от состояния которой зависят измерения параметров более глубоких горизонтов.

Для исследования ВЧР ММП авторами в течение ряда лет применялись геофизические методы исследования инженерно-геологических скважин.

Разработанное устройство для электрического каротажа инженерно-геологических скважин УИКГС-1 предназначено для определения электрического сопротивления и температуры окружающих пород в сухих необсаженных скважинах. Зонд содержит питающие и приемные электроды (AB = 0.6 м и MN = 0.2 м), дополнительно введенный терморезистор, подключенный между измерительными электродами, прижимной механизм в виде многокамерной груши, при этом питающие и измерительные электроды размещены диаметрально противоположно прижимному механизму. Кроме указанного расположения электродов могут быть применены и другие. Для каротажа использовалась аппаратура: ИКС-1, ЭСК-1, АЭ-72. Конструкция зонда позволяет проводить каротаж только на подъеме. Подъем осуществляется либо по меткам на фале, либо с помощью ручной лебедки. Зонд прижимается к стенке скважины прижимным механизмом в виде многокамерной груши.

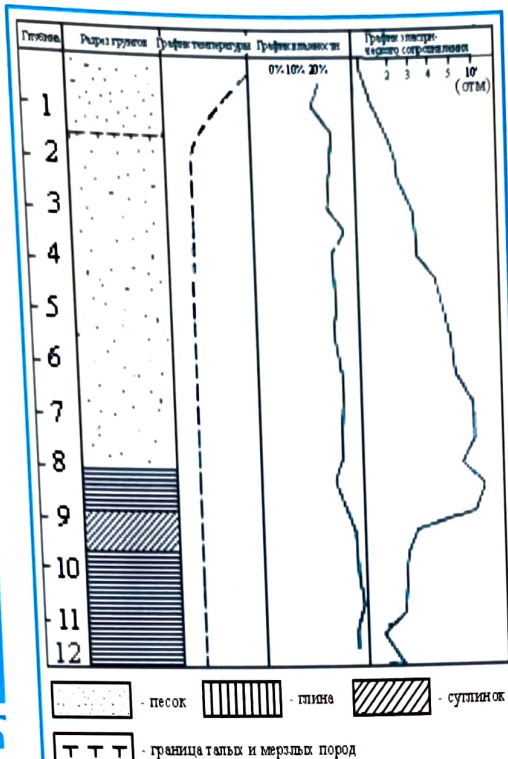
На рис. 4 и 5 показаны типы каротажных диаграмм и термограмм, полученных на одном из контрольных участков. Работы прошлых лет (2003-2004 г) показали, что образование ледяной корки на стенах инженерно-геологических скважин не позволяет определить кажущееся сопротивление пород достаточно надежно. Ледяная корка, являясь изолятором, препятствует стеканию тока с питающего электрода, что подтверждается данными токового каротажа.

На рис. 6 показаны типы установок электрического каротажа. Зонды представляют собой полистироловую трубку диаметром 25 мм, состоящую из разборных секций. Секции соединяются между собой при помощи медных переходников с резьбой, которые являются кольцевыми электродами с диаметром 25 мм. Все электроды имеют выводы через полость трубки наружу. Выводы от электро-



РАЗРАБОТКИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРИБОРОСТРОИТЕЛЕЙ

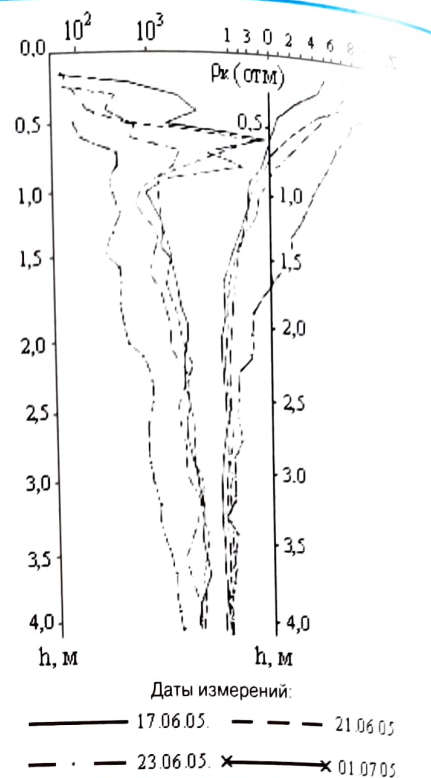
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ



дов можно подключить к коммутирующему устройству, которое позволит выбрать необходимую схему каротажа. Для регистрации использовался прибор АЭ-72.

Если в исследуемых горных породах проведен электрокаротаж по целому ряду буровых скважин, то соседние кривые можно сравнить друг с другом и проследить изменение состояния ММП на больших расстояниях. При некотором опыте можно из диаграмм извлечь много важных для инженерно-геологических изысканий данных.

В процессе работ по исследованию ВЧР ММП выяснилось, что важным фактором, влияющим на формирование толщи ММП и величину их удельного электрического сопротивления, является их влажность. Для определения величины УЭС и влажности пород в устройстве для электрического каротажа дополнительно был введен влагомер. При этом питающие и измерительные электроды выполнены кольцевыми и установлены на зонде с возможностью их осевого перемещения. Размещение влагомера в центральной части зонда совместно с терморезистором дает возможность соотнести измерение электрического сопротивления пород и их влажности в одной точке, что повышает точность измерений. Выполнение питающих и измерительных электродов кольцевыми улучшает контакт между ними и стенкой исследуемой скважины, что также повышает и точность измерений и надежность устройства. Установка электродов на зонд с возможностью их осевого перемеще-



ния, позволяет выделить мелкие включения и тонкие пропластки по разрезу скважины за счет изменения расположения электродов и также повышает точность измерений. Результаты исследований предлагаемым зондом на контрольном участке представлены на рис. 4.

В процессе исследования ВЧР многолетнемерзлых пород появилась необходимость получения дополнительной информации о скорости упругих колебаний в ВЧР ММП. Для определения скорости упругих колебаний (VP и VS) в устройстве для электрического каротажа были введены сейсмоприемники, штыри которых являлись одновременно измерительными или питающими электродами, при этом сейсмоприемники расположены во внутренней части зонда, а терморезистор между парами электродов в центральной части зонда. Данная установка использовалась в основном при стационарных исследованиях на площадках контрольных участков (КУ).

