

ТИПЫ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

© 2011 г. О.Д. Смилевец, Н.В. Хаюк

Саратовский государственный технический университет

Успех в решении геологических задач методами геофизики (электроразведки, сейсморазведки) зависят от многих причин, и главная из них – знание особенностей формирования инженерно-геологического разреза в зависимости от изменения удельного электрического сопротивления (УЭС), скорости продольных и поперечных волн (V_p , V_s), скорости поперечных волн (V_s), температуры (t°), влажности (W), плотности (d) и других факторов. Для этого разработано несколько рабочих схем, характеризующих закономерности изменения физических параметров верхней части геологического разреза (ВЧР) Нижнего Поволжья. С использованием этих схем на основании геолого-геофизических данных районировать изучаемые территории по физическим параметрам пород, слагающих разрез: литологии, величинам УЭС, скорости продольных и поперечных волн (V_p , V_s), влажности, дисперсности, температуры и геоморфологическим признакам. В пределах этих территорий следует при обработке и интерпретации данных полевых исследований выполнить корреляцию прослеживания границ опорного горизонта и составляющих горизонтов ВЧР.

На основании этих данных по каждому сечению профиля составляют геофизическую модель среды. Линию сечений можно проводить через группу точек наблюдений, расположенных на площади. Плотность их зависит от рельефа местности и особенностей (река, озеро, бугры, холмы, склоны, речные долины, овраги и т. д.). Корреляцию этих разрезов выполняют по двум или трем параметрам: УЭС, V_p , V_s , литологии, t° ВЧР и т.п. – то есть выполняется комплексная интерпретация всех данных.

Из опыта работ следует, что не может быть создана универсальная модель верхней части изучаемых пород Нижнего Поволжья, так как она постоянно находится в стадии изменения. Авторами предлагается ввести термин – блоковое строение толщи ВЧР пород Нижнего Поволжья. Под термином "блок" понимается обособленный участок ВЧР пород, отличный от смежных участков по направлению или скорости вертикальных движений (опускания или поднимания кровли опорного горизонта, на котором залегает ВЧР пород, плавной смены литологии, выклинивания пород, появления новых геоэлектрических горизонтов и т.д.). Сочленение блоков может осуществляться без нарушения связности литологии. Размеры и формы блоков могут быть весьма разнообразны. Границы между блоками обычно соответствуют неотектоническим движениям и в морфологическом плане часто совпадают с оврагами, речными долинами, границами леса и т.д. [3]

Районирование необходимо для выделения территорий с одинаковыми условиями для размещения строительных и технических объектов. Одна из таких схем представлена на рис.А.

Толща пород ВЧР подразделяется на несколько (не менее двух) слоев, мощность и УЭС которых может меняться. Обычно отмечается постепенное увеличение его слоев с глубиной. Такая схема характерна для протяженных (линейных) блоков пород. Наличие зоны аэрации с различной динамикой влагопереноса грунтовых вод (УГВ), мест фильтрации вод из водохранилищ, каналов и других технических сооружений осложняют изучение такого, на первый взгляд

несложного (классического) типа разреза. В зимний период возрастают значения УЭС первого (верхнего) слоя в связи с его сезонным промерзанием, что также осложняет изучение такого типа разреза.

Для решения этой задачи применены практически все модификации электроразведки: вертикальное и микровертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ и МКВЭЗ), симметричное электрическое профилирование (СЭП), комбинированное электрическое профилирование (КЭП), зондирование становлением поля в ближней зоне (ЗСБЗ), электроразведочная система ЭЛЛИСС-Э, георадарные методы и сейсморазведочные методы МПВ, ОГТ, ВСП, сейсморазведочная система ЭЛЛИС-2 и методы электрического каротажа (устройство для электрического каротажа УЭК-1, УКПГС-1 – Смилевец О.Д. 1990-1994 г.; УКПГС-2 – Смилевец О.Д. 2000 г.)

Методы ВЭЗ и МКВЭЗ следует применять для расчленения литологического разреза и определения глубины залегания коренных пород, для выявления зон трещиноватости при поисках и прослеживании крупных карстовых нарушений, подземных горных выработок, при выявлении линз соленых и пресных вод, локальных переуглублений, изучения ВЧР пород.

Наиболее благоприятным для эффективного применения ВЭЗ являются следующие условия:

- углы наклона геоэлектрических границ не должны превышать 20° ;
- наличие небольшого количества геоэлектрических слоев в разрезе при их значительной дифференции по УЭС;
- отсутствие экранирующих (высокого и низкого сопротивления) горизонтов в разрезе;
- наличие опорного электрического горизонта.

Работа выполняется с помощью переносной аппаратуры типа АЭ-72 или электроразведочными станциями типа "Енисей", в случае наличия сильных электрических по-

лей – на переменном токе низкой частоты с использованием электроразведочного аппаратурно-программного комплекса "ОМЕГА-48", многоэлектродной электроразведочной станции "СКАЛА-48", электроразведочной аппаратуры "ЭРА-МАКС", "МЭРИ-24".

Метод СЭП на постоянном токе следует использовать для выявления и оконтуривания положения неоднородностей геологического разреза в горизонтальном направлении с приближенной оценкой интервала глубин, на которых эта локальная неоднородность наблюдается. Этот метод применяется в качестве основного при решении следующих задач:

- оконтуривание и оценка элементов залегания границ локальных неоднородностей (зон трещиноватости, тектонических нарушений, карстовых зон и т.д.);
- картирование кровли скальных пород;
- определение коррозионной активности грунтов.

Благоприятными условиями для применения метода СЭП являются:

- крутое падение контактов пород и зон нарушений;
- резкое различие значений УЭС слагающих толщ и выдержанность удельного сопротивления в каждой из толщ;
- относительная простота геоэлектрического разреза.

При электропрофилеировании применяются как симметричные (одно-, двух- и многоэлектродное СЭП), так и несимметричные схемы (дипольное электропрофилеирование – ДЭП, КЭП с установкой АМNB и электропрофилеирование в модификации среднего градиента – СГ). Симметричные схемы позволяют более четко определить положение и глубину залегания неоднородностей, особенно в случае применения многоэлектродных схем. Несимметричные схемы (с одним электродом, удаленном в "бесконечность", находящемся на расстоянии, в 10 раз превышающем эффективную глубину разведки в пункте измерения) обладают значительно большей чувствительностью к вертикаль-

ным неоднородностям разреза, однако они не позволяют точно определить положение этой неоднородности.

В местностях с плотной застройкой рекомендуется использовать ЭП в модификации СГ, при этом токовые электроды схемы СГ могут установиться несимметрично относительно профилей измерительных электродов, что позволяет оптимально использовать незастроенные участки территории. Коэффициенты установки в этом случае рассчитываются для каждого расположения электродов.

При изучении территорий, характеризующихся значительной изменчивостью УЭС в плане, особенно в случаях необходимости выделения локальных неоднородностей разреза, рекомендуется использовать схему "вычитания полей". Сущность ее заключается в установке вместо одной питающей линии двух параллельных с отдельными источниками питания и противоположно направленными в них токами. Сила тока в токовых линиях рассчитывается по специальным формулам, чтобы плотность тока в верхней части толщи разреза, соответствующей более короткой линии, полностью компенсировалась плотностью тока, создаваемой более длинной линией. Эффективная глубина разведки при использовании схемы "вычитания полей" применяется равной 0,9 АВ [5].

Измерения в методе СЭП выполняются с помощью переносных приборов на постоянном (аппаратура АЭ-72) и переменном токе (аппаратура АНЧ-3). КЭП, СЭП выполняются с аппаратурой постоянного тока. ЭП в модификации СГ и ДЭП целесообразно выполнить с низкочастотной аппаратурой.

При проведении исследований ВЧР отмечалась более сложная схема (рис.Б) с наличием наклонной (до 40-45 °) границы между первым и вторым слоем. Соотношение величин УЭС и мощности может изменяться в самых разных пределах. Для изучения такого типа разреза наиболее рациональ-

но применение таких модификаций электроразведочных методов, как ВЭЗ-МДС, СЭП-МДС и применение специальных палеток при интерпретации [1, 2]. Величина УЭС первого (верхнего) слоя может меняться в самых широких пределах. При производстве работ в осенне-зимний период предпочтительно применение бесконтактных методов – различные модификации НЭП (непрерывное электрическое сопротивление), ЗСБЗ, георадарные методы исследований. При исследовании ВЧР встречаются "блоки" с наклонными границами строения с "положительными" и "отрицательными" углами наклона падения, которые могут изменяться до 40-45 °. Сопротивление пластов, так же как и их мощность могут изменяться в широких пределах. УЭС второго слоя (ρ_2) может быть больше ρ_1 и ρ_3 и иметь промежуточное значение между ними (рис.В). Для изучения такого типа разреза оправдано рациональное применение таких модификаций электроразведочных методов, как ВЭЗ-МДС, СЭП-МДС по "методу двух составляющих", при котором измерения осуществляются двумя взаимно перпендикулярными приемными линиями с общим центром, и различные модификации метода НЭП (О.Д. Смилевец, 1999-2000 гг.).

Для изучения возможных искажений, связанных с горизонтальной неоднородностью разреза, должны быть выполнены "крестовые" зондирования (КВЭЗ). Они применяются и в тех точках, когда по характеру полученной кривой ВЭЗ предполагается резкое проявление горизонтальной неоднородности. Преимущественные направления зондрированности (установление анизотропии разреза) изучаются круговыми зондированиями по четырем азимутам через 45 ° – круговой ВЭЗ (КрВЭЗ).

Типы разрезов, имеющие перпендикулярно ориентированные границы раздела в первом (самом верхнем) слое, условно можно назвать "микроблоками". Соотношение УЭС и мощностей "микроблоков" может быть различно (рис.Г). Для изучения такого

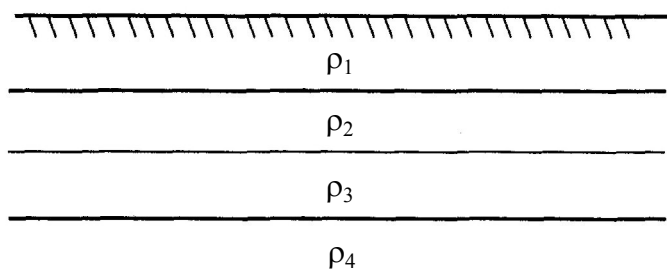
типа разреза наиболее рационально применение методов сейсморазведки (МПВ) и различных видов электропрофилирования (СЭП, КЭП, НЭП, ВП – вызванная поляризация).

Метод ВП рекомендуется применять для исследования строения разреза в вертикальном и горизонтальном направлениях. Он основан на возбуждении вторичных электрических полей, возникающих в результате физико-химических процессов, протекающих в породах при наложении первичного электрического поля. Таким методом решаются задачи расчленения разреза по литологическому составу, влажности, льдистости, выделения водоносных пород, определения уровня грунтовых вод, количественной оценки засоленности пород зоны аэрации, изучения оползневых массивов, картирования мерзлых грунтов. В основном применяется для уточнения и более надежной и достоверной интерпретации результатов зондирования и профилирования. При инженерных изысканиях метод ВП преимущественно применяется с использованием импульсов постоянного тока. Основные измеряемые величины – это кажущаяся поляризуемость η_k и кажущееся электрическое сопротивление ρ_k . Работы методом ВП проводятся в двух модификациях – зондирование (ВЭЗ-ВП) и профилирование (ЭП-ВП), которое целесообразно применять для выявления крупнопадающих границ в массиве, разделяющих отложения с различными электрическими свойствами. Измерения в методе ВЭЗ-ВП рекомендуется выполнять симметричной установкой Венера ($AM =$

$MN = AB$); критерии выбора разносов установки те же, что и при обычном ВЭЗ, но при этом разносы токовой и измерительной линий увеличиваются одновременно. Измерения в методе ЭП-ВП выполняются также с помощью симметричных установок.

При проведении работ методом ВП используется аппаратура типа ВП-62, СВП-74, измеритель непрерывной фазы поля вызванной поляризации (ИНФАЗ-ВП), многофункциональный электроразведочный измеритель (МЭРИ-24) и другие. Допускается применение самодельных установок к приборам АЭ-72 при условии соответствия их техническим параметрам измерений.

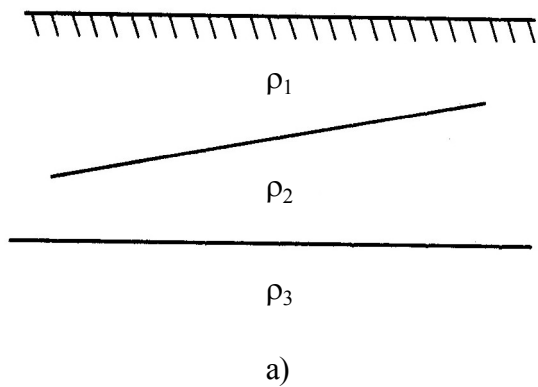
Применение методов ВЭЗ, МКВЭЗ ограничено из-за наличия вертикальных границ. В случае его применения требуется использовать специальные (дополнительные) палетки, учитывающие наличие таких границ, либо увеличить количество точек наблюдения, чтобы повысить надежность интерпретации путем учета искажений кривых ВЭЗ. Значительные трудности возникают при производстве исследовательских геофизических работ в осенне-зимний период в связи с появлением в самой верхней части разреза пласта (ρ_1') с высокими значениями УЭС и высокими значениями V_s и V_p . Разрез в таком случае называется "инверсным" [4] (рис.Д). Применение для исследований контактных методов электроразведки и сейсморазведки становится невозможным. Рекомендуется применение для исследований бесконтактных электроразведочных методов (НЭП, георадарные методы, аппаратура "ОКО-М", "Noggin").



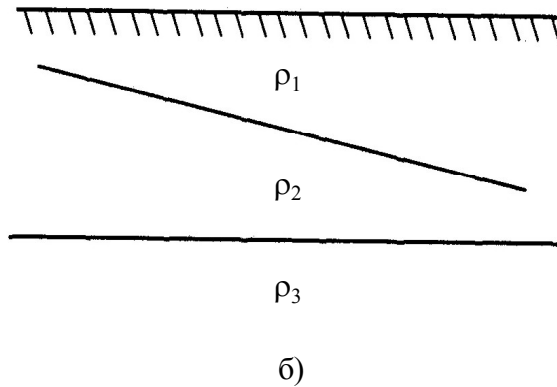
- а) $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3 < \rho_4$
 h_1, h_2, h_3 изменяются
- б) $\rho_1 < \rho_2 > \rho_3 > \rho_4$
- в) $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3 > \rho_4$

А

ГЕОФИЗИКА

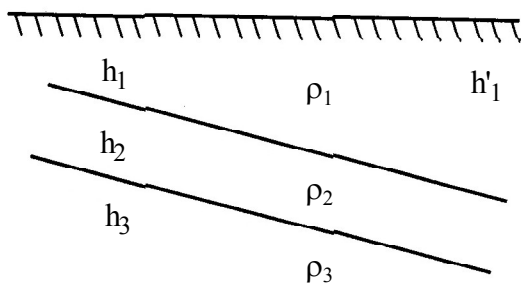


a) $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$
 б) $\rho_1 < \rho_2 > \rho_3$
 h_1, h_2, h_3 изменяются

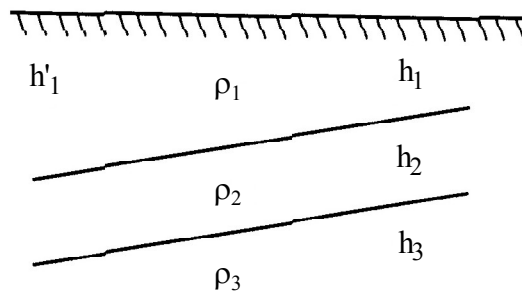


ρ_1 может состоять из
 $\rho'_1 h'_1, \rho''_2 h''_2, \dots, \rho''_n h''_n$

Б

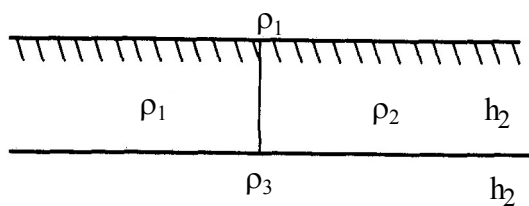


a) $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$
 $\rho_1 < \rho_2 > \rho_3$
 h_1, h_2, h_3 изменяются

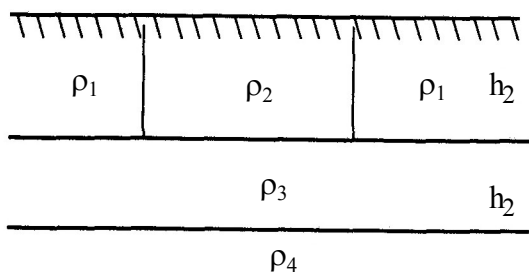


б) $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$
 $\rho_1 < \rho_2 > \rho_3$
 h_1, h_2, h_3 изменяются

В



a) $\rho_1 > \rho_2$ б) $\rho_1 < \rho_2$
 $\rho_3 > \rho_1$ $\rho_3 > \rho_1$
 $\rho_3 > \rho_2$ $\rho_3 > \rho_2$
 h_1, h_2 меняются



a) $\rho_1 < \rho_2$ б) $\rho_1 > \rho_2$
 $\rho_4 > \rho_3 > \rho_2$ $\rho_2 > \rho_3$
 h_1, h_2 меняются

Г

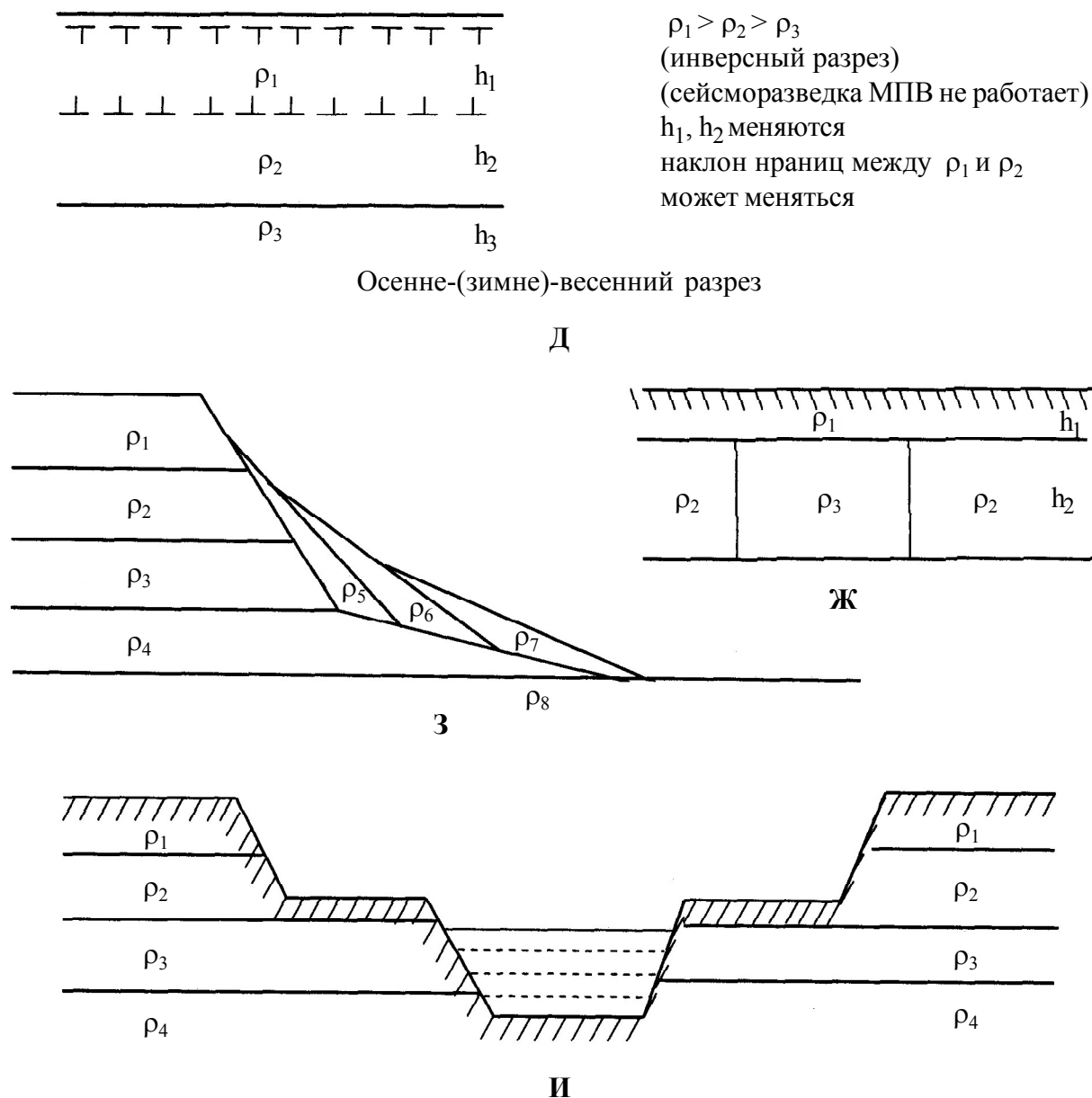


Рис. Типы геоэлектрических разрезов верхней части осадочного чехла Нижнего Поволжья (А, Б, В, Г, Д, Ж, З, И)

При изучении ВЧР Нижнего Поволжья довольно часто встречаются зоны трещиноватости и крупных карстовых нарушений. Разрез сложный, имеющий 3-4 слоя, каждый из которых может иметь более сложное строение (рис.Ж). Во втором слое (ρ_2, h_2) карстовая полость может быть как полой ($\rho_3 \rightarrow \infty$), так и заполненной глинистым и суглинистым материалом, имеющим низкие значения УЭС. Для выявления нарушений подобного вида следует применять методы СЭП и ВЭЗ, как в "классическом

варианте", так и в модификации по методу "двух составляющих" ВЭЗ-МДС и СЭП-МДС.

При работах по изучению ВЧР для проектирования и обустройства технических сооружений (наибольшая часть в пределах городской черты) приходится сталкиваться с наличием оползневых склонов (участков), часть из которых находится в динамичном состоянии. Для исследования оползневых участков предлагается использовать сейсморазведку в модификации МПВ, электрораз-

ведку ВЭЗ, НЭП, георадарные исследования (рис.3).

При проведении электроразведки на акваториях и при переходе через водные преграды (рис.И) рекомендуется применять методы ВЭЗ и СЭП (Патент РФ №222 6281, Смилевец О.Д.). Работы проводятся как с поверхности воды, так и по дну водоема (озера, реки и т.д.).

Для выполнения работ с поверхности воды необходимо иметь плавсредства (лодки, плоты), на которых устанавливаются токовая (две концевые лодки) и измерительная линии (центральная лодка, заякоренная). К ним, на расстоянии 1-2 м друг от друга, прикрепляются деревянные или пенопластовые боны размерами 3-5 см для поддержания линии на плаву. Измерения проводятся по обычной схеме, только не при размотке, а при смотке токовой линии. В качестве электродов используются медные или угольные пластины размером около 10 см. Такие зондирования рекомендуется выполнять двусторонними трехэлектродными дипольными и четырехэлектродными симметричными установками (Патент РФ № 20021 8912/20, Смилевец О.Д., 2002). Измерительная установка (по А.Н. Боголюбову) монтируется в виде косы с выводом концов от токовых и измерительных электродов в центре. Коса, изготовленная из серийного геофизического провода (ГПСМО или ПСМО), прикрепляется к буксирному тросу, предварительно размеченному. В центре каж-

дого ВЭЗ рекомендуется измерять глубину водоема и определять с помощью резистивиметра УЭС воды на разных уровнях. Детальность и точность расчленения разреза по данным донных ВЭЗ определяется теми же параметрами, что и в случае обычных ВЭЗ.

Электроразведочные работы на акваториях целесообразно проводить зимой со льда (бесконтактные методы – НЭП, георадарные методы, ЗСБЗ). Для устройства заземлений при методе ВЭЗ бурят лунки. Применяется обычная донная установка. Токовые и измерительные электроды конусообразной формы изготавливают из свинца. Масса электродов подбирается в зависимости от скорости течения.

Крайне важно иметь модели как крупных, так и более мелких объектов (интервалов), пригодных для строительства технических сооружений. И исходя из изменчивости среды и необходимости использования способа корреляции, районирование должно иметь конкретный характер: для конкретных условий изучаемой площади, оно может быть как однослойным, так и многослойным. При интерпретации электроразведочных и сейсморазведочных данных решающее значение имеет правильное определение начальной модели геоэлектрического разреза, создание которой возможно только обладая глубокими знаниями региональных особенностей строения ВЧР исследуемых территорий.

Л и т е р а т у р а

1. Боголюбов А.Н. Палетки $\Delta V_n / \Delta V_t$ и ρ_n / ρ_t . – М.: изд-во МГУ, 1964. – 48с.
2. Боголюбов А.Н., Боголюбова Н.П. Технология изучения сложно построенных геологических сред с помощью электроразведки методом двух составляющих //Международ. науч. конф. "Геофиз. и современный мир" (Москва, 9-13 августа 1993): рефераты докл. – М., 1993. – С.273-289
3. Косыгин Ю.А., Куландышев В.А. и др. Формы геологических тел (терминологический справочник). – М.: Недра, 1977. – 246 с.
4. Смилевец О.Д. Особенности проведения электроразведочных работ методом ВЭЗ при обследовании трасс трубопроводов в осенний период //Недра Поволжья и Прикаспия. – 2000. – Вып.24. – С.52-58
5. Смилевец О.Д. Комплексные геофизические исследования верхней части геологического разреза при проектировании технических сооружений в нефтегазоносных районах криолитозоны //Труды НИИГео СГУ. Новые сер. Т.ХIII. – Саратов: изд-во "Научная книга", 2003. – 167 с.