

# НЕЗАЗЕМЛЕННЫЕ УСТАНОВКИ ВЭЗ

Б.Г. Сапожников

Санкт-Петербургское отделение Института геоэкологии РАН (СПБО ИГЭ РАН), Санкт-Петербург, ([boris@hge.pu.ru](mailto:boris@hge.pu.ru)). Материалы 5-ой всероссийской школы-семинара по электромагнитным зондированиям Земли – ЭМЗ-2011. Книга 2.- СПб.: СПбГУ, 2011, 496 с. (с.400-403).

1. Термин “незаземлённые установки ВЭЗ” объединяет установки зондирования, в которых все или некоторая часть приемных и питающих электродов может рассматриваться как ёмкостные, т.е. как электроды, обладающие в отличие от заземленных электродов существенно ёмкостной проводимостью. Необходимость в использовании незаземленных установок возникает при проведении работ в условиях плохих заземлений (“курумы”, мерзлый грунт, снежно-ледовый покров, пески, асфальто-бетонные покрытия, измерения в воздухе и т.п.).

2. Ряд конструкций незаземленных установок и их ёмкостных электродов описан в работах [Сапожников, 1973, 1979, 1986, 1991], [Инструкция, 1984], [Нахабцев, 1985<sup>1</sup>, 1985<sup>2</sup>, 1990, 1992]. Методика ВЭЗ с незаземленными *ортогональными* установками (разносы установки *перпендикулярны* питающей линии и профилю наблюдений), программы интерпретации и опыт производственного применения установок на Северо-Востоке России приведены в методических рекомендациях НПО “Рудгеофизика” [Применение, 1988; Рекомендации, 1990]. В настоящее время ортогональная незаземленная установка нашла практическое применение в условиях снежного покрова и мерзлого грунта при электроразведочных работах ООО “Нефтегазгеодезия” СПб на севере Европейской части РФ (О.А. Семенов, Д.А. Лозгачев, [www.ngg.ru](http://www.ngg.ru)).

3. Ниже для практического использования предлагаются четыре варианта *осевой* незаземленной установки (разносы установки и её питающая линия ориентированы вдоль *оси* профиля наблюдений). В основу установки положена конструкция асимметричной заземлённой установки ВЭЗ-А [Сапожников, 2005]. Различие вариантов незаземленной установки обусловлено разным назначением и количеством ёмкостных электродов. Рекомендуемая рабочая частота установки 625 Гц.

4. **Базовая установка ВЭЗ-А.** Конструкция базовой, полностью заземленной асимметричной установки ВЭЗ-А приведена на рис.1. Особенность установки состоит в использовании (в соответствии с принципом взаимозаменяемости питающих и приёмных линий) коротких линий “ $M_1N$ ” и “ $M_2N$ ” в качестве питающих.

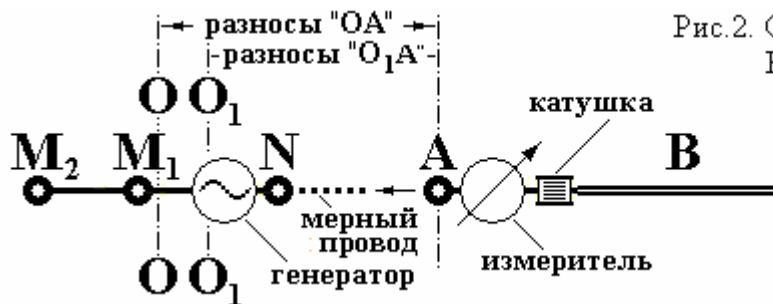


Рис.1. Схема установок ВЭЗ-А и ВЭЗ-А-1

Это позволяет применить *однократное* усиленное заземление питающих электродов вместо обычно применяемых *многократных* заземлений электродов для каждого разноса. В отличие от стандартной симметричной установки ВЭЗ установка ВЭЗ-А в значительно большей степени свободна от нежелательных индукционных и ёмкостных эффектов и может обслуживаться бригадой из одного оператора. Основная частота установки 4.88 Гц. Программное обеспечение: “IPI2WIN” (Бобачёв А.А.) и “ZOND-IP” (Каминский А.Е.). Более подробные сведения о методике работ с установкой ВЭЗ-А приведены в работе [Сапожников, 2011].

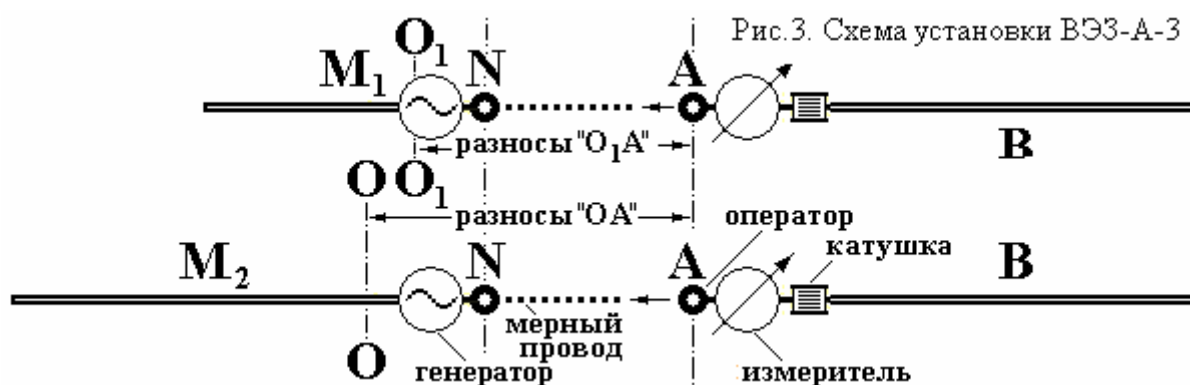
5. **Вариант ВЭЗ-А-1.** В этом варианте в качестве передвижного *ёмкостного* приёмного электрода “А” ( $\approx 120$  пФ) используется сам оператор. Металлический браслет на руке оператора подключается к входной клемме “N” микровольтметра, а провод “AB” – к клемме “M”. Прочие электроды так же, как и в случае базовой установки, остаются заземленными. По этой причине схема установки (рис.1), методика работ и программы интерпретации остаются неизменными. Однако использование повышенной частоты (625 Гц вместо 4.88 Гц) предъявляет более жесткие требования к учету эффекта индукции, “квази-слоя” и ёмкостного эффекта [Сапожников, 2005]. Проявление последнего приводит к ёмкостным утечкам и изменению действующей длины приёмной линии “AB”. В предельном случае, когда провод “AB” не подключен к заземленному электроду “B”, действующая длина линии “AB” уменьшается в 4 раза. В качестве критерия малости ёмкостного эффекта можно принять условие  $R \leq 0.1 Z_c$ , где  $R$  – активное сопротивление заземления “B”, а  $Z_c$  – модуль ёмкостного сопротивления его соединительного провода “AB”. Контроль качества заземлений “B”, “M<sub>1</sub>”, “M<sub>2</sub>” установки **ВЭЗ-А-1** возможен по методике, описанной в работе [Сапожников, 2011]. Впервые рассматриваемый вариант **ВЭЗ-А-1** незаземленной установки был успешно испытан в 1996 г. при зимних работах на проектных створах плотин Чагоянской ГЭС по льду р. Зеи [Сапожников, 2001]. Хорошее качество заземлений неподвижных электродов обеспечивалось погружением их в воду через лунки во льду.

6. **Вариант ВЭЗ-А-2.** В тех случаях, когда для линии “AB” невозможно удовлетворить критерию малости ёмкостного эффекта (мёрзлый грунт, скальная порода и т.п.), для съёмки может быть предложен вариант **ВЭЗ-А-2**, где в дополнение к варианту **ВЭЗ-А-1** вместо заземленного точечного электрода “B” используется ёмкостной линейный электрод “B” – провод “AB” приёмной линии ( $\approx 20$  пФ/м), *изолированный* на дальнем конце. *Приёмная* линия “AB” становится полностью *незаземлённой*, составленной из 2-х ёмкостных электродов – *точечного* “А” (оператор) и *линейного* “B”. На дальнем конце установки мерный провод и провод “AB” могут быть закреплены на любом местном предмете или, например, на воткнутой в снег лыжной палке. Схема установки (рис.2) и методика работ сохраняются в отношении базовой установки практически неизменными.



Вследствие использования в варианте **ВЭЗ-А-2** *заземленных* питающих линий качество заземлений электродов “M<sub>1</sub>” и “M<sub>2</sub>” так же, как и в предыдущем варианте должно удовлетворять критерию малости ёмкостного эффекта. Однако, в виду небольшой длины соединительных проводов эти требования существенно ниже тех, которые предъявлялись ранее к качеству заземления электрода “B”. В настоящее время недостатком рассматриваемого и последующих вариантов, хотя и вполне поправимым, является *временное* отсутствие программ для интерпретации результатов наблюдений.

7. **Вариант ВЭЗ-А-3.** В дополнение к полностью незаземленной приёмной линии “AB” в этом варианте используются частично заземленные питающие линии “M<sub>1</sub>N” и “M<sub>2</sub>N” с *линейными ёмкостными* электродами “M<sub>1</sub>”, “M<sub>2</sub>” и общим *точечным заземленным* электродом “N” (рис.3).



Линейные электроды “M<sub>1</sub>”, “M<sub>2</sub>” рекомендуется изготавливать из 2-х жильного кабеля РПШ–2х0.35 (внешний диаметр 6.9 мм). Дальний конец электрода изолируется. Длина электрода отмечается меткой, расположенной на расстоянии ≈ 0.5-0.7 м от вилки кабеля. Для увеличения рабочего тока генератора возможно параллельное включение нескольких одинаковых линейных электродов. Во время наблюдений неиспользуемые электроды и отрезки кабеля для исключения их влияния должны быть свёрнуты и удалены от питающей линии. В табл.1 приведен пример схемы разносов установки *ВЭЗ-А-3* с максимальным разносом “OA”=125 м.

Таблица 1

Номер измерений	Длина M <sub>1</sub> , M <sub>2</sub> , м	Длина NA, м	Разносы O <sub>1</sub> A, OA, м	Шкала разносов, м	Метки
1	8	2	4	4	желт.-белая-желт.
2	8	3	5	5	ж-синяя-ж
3	8	4.3	6.3	6.3	ж-красная-ж
4	8	6	8	8	ж-белая-ж
5	8	8	10	10	ж-синяя-ж
6	8	10.5	12.5	12.5	ж-красная-ж
7	8	14	16	16	ж-белая-ж
8	8	18	20	20	ж-ж-син-ж-ж
12	8	23	25	25	ж-красная-ж
13	8	30	32	31	ж-бел-бел-ж (32 O <sub>1</sub> A)
14	8	38	40	41	ж-син-син-ж (40 O <sub>1</sub> A)
15	40	18	30	31	ж-ж-син-ж-ж (30 OA)
16	40	30	42	41	ж-бел-бел-ж (42 OA)
17	40	38	50	50	ж-син-син-ж
18	40	51	63	63	ж-красная-ж
19	40	68	80	80	ж-белая-ж
20	40	88	100	100	ж-синяя-ж
21	40	113	125	125	ж-красная-ж
длина “M <sub>1</sub> ”=8 м, длина “M <sub>2</sub> ”=48 м, макс. длина провода “AB”=200 м					

8. *Вариант ВЭЗ-А-4* – установка с полностью незаземлёнными приёмными и питающими линиями (рис.4). Пример схемы разносов установки *ВЭЗ-А-4* с максимальным разносом “OA”=125 м приведен в табл.2.

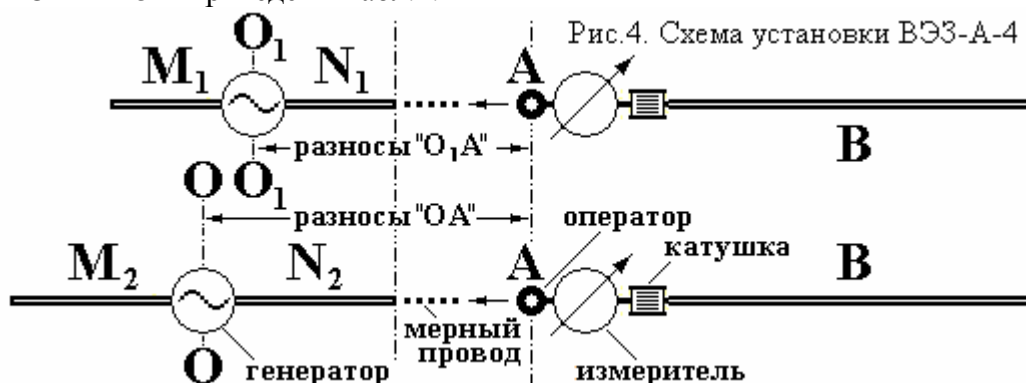


Таблица 2

Номер измерений	Длина $M_1N_1, M_2N_2, м$	Длина $NA, м$	Разносы $O_1A, OA, м$	Шкала разносов, м	Метки
1	16	2	10	10	желт.-белая-желт.
2	16	4.5	12.5	12.5	ж-синяя-ж
3	16	8	16	16	ж-красная-ж
4	16	12	20	20	ж-белая-ж
5	16	17	25	25	ж-ж-син-ж-ж
6	16	24	32	32.5	ж-крас-крас-ж (32 $O_1A$ )
7	16	32	40	40	ж-бел-бел-ж (40 $O_1A$ )
8	32	17	33	32.5	ж-ж-син-ж-ж (33 $OA$ )
12	32	24	40	40	ж-крас-крас-ж (40 $OA$ )
13	32	32	48	48	ж-бел-бел-ж
14	32	47	63	63	ж-синяя-ж
15	32	64	80	80	ж-красная-ж
16	32	84	100	100	ж-белая-ж
17	32	109	125	125	ж-синяя-ж
длина $M_1N_1=16 м$ , длина $M_2N_2=32 м$ , макс. длина провода "AB"=200 м					

9. Рассмотрены четыре варианта *осевой* незаземлённой установки ВЭЗ-А. Конкретный выбор схемы установки зависит от геоэлектрического разреза, природных условий и опыта исследователя. Следует лишь заметить, что при одинаковой общей длине установок глубинность и детальность исследований падает при уменьшении количества заземлений. Возможности выбранной установки рекомендуется подтверждать путем сопоставления её с базовой установкой и результатами буровых работ.

## Список литературы

1. Инструкция по электроразведке. Л. Недра. 1984. 352 с.
2. Нахабцев А.С., Сапожников Б.Г., Яблучанский А.И. Электропрофилирование с незаземленными рабочими линиями. Л. Недра. 1985<sup>1</sup>. 96 с.
3. Нахабцев А.С., Сапожников Б.Г., Яблучанский А.И. Электрондирование с незаземленными рабочими линиями // Деп. в ВИНТИ. 1985<sup>2</sup>. № 435. 21 с.
4. Нахабцев А.С., Сапожников Б.Г., Морозов Л.А. и др. Способ непрерывного дистанционного зондирования // Авт. свид. № 1562880. 1990.
5. Нахабцев А.С. Низкочастотная электроразведка с линейными источниками гармонического поля. СПб. Недра. 1992. 359 с.
6. Применение низкочастотных методов электроразведки с незаземлёнными рабочими линиями // Методы разведочной геофизики. Л. НПО "Рудгеофизика". 1988. 128 с.
7. Рекомендации. Ортогональное электрондирование с незаземленными рабочими линиями. Л. НПО "Рудгеофизика". 1990. 115 с.
8. Сапожников Б.Г. Аппаратура и методика работ методом срединного градиента с незаземленной приемной линией // Геофизическая аппаратура. 1973. № 52. С. 31-40.
9. Сапожников Б.Г. Опыт наблюдений составляющих электрического поля в воздухе при электропрофилировании на переменном токе // Деп. в ВИНТИ. 1979. № 1067. 25 с.
10. Сапожников Б.Г. Электропрофилирование с незаземленными рабочими линиями // Автореф. канд. дис. М. 1986. 29 с.
11. Сапожников Б.Г. Линейный электрод для электроразведки // Авт. свид. № 1689905. 1991.
12. Сапожников Б.Г., Лемец В.И. Электроразведочная аппаратура методов сопротивлений, заряда и естественного поля // Разведка и охрана недр. 2001. № 9. С. 67-71.
13. Сапожников Б.Г. Новая установка ВЭЗ для гидрогеологических исследований на средних глубинах // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геоэкология. 2005. № 5. С. 454-462.
14. Сапожников Б.Г. Асимметричная установка ВЭЗ-А // Тезисы 5-ой школы-семинара (ЭМЗ-2011). СПб 2011. 4 с.
15. Яблучанский А.И. Электроразведка методом сопротивлений с незаземлёнными линиями. Авт. реф. канд. дис. Л. 1989. 17 с.