



## LandMapper® ERM-03 / 04

### Теория электрических измерений почв и Руководство пользователя



**ИП «ГеоПро» Позднякова Л.А.**

143080, Московская обл., Одинцовский р-н, п. ВНИИССОК

Телефон поддержки в России **8-905-738-6503** или WhatsApp: **+1-609-412-0555**

[info@landviser.net](mailto:info@landviser.net) / [www.landviser.com](http://www.landviser.com)

## ВАЖНО:

- LandMapper ERM-03 / 04 – геофизический измеритель удельного электрического сопротивления, проводимости и естественного электрического потенциала работает от внутренней сменной батарейки (1x9В)
- Инструмент может быть использоваться с различными электродными установками (датчиками, кабелями, кюветами, неполяризующимися электродами) в полевых и лабораторных условиях.
- Некоторые электроды заострены – будьте осторожны!
- Инструмент в выключенном состоянии не вызывает электромагнитных помех.
- Если инструмент вызывает или регистрирует помехи от другого оборудования, инструмент следует отнести на достаточное расстояние от другого оборудования.
- Прибор не нуждается в регулярной инспекции, перенастройке измерителя и аналогичных процедурах.
- Необходимо вынуть батарею из прибора если не предполагается его использование в течении длительного времени.
- Требования к условиям хранения и транспортировки:  
Температура воздуха: от -40°C до +70°C  
Относительная влажность: от 10% до 90%  
Атмосферное давление: от 50 до 106 кПа



Следуйте Российским законам о списании и утилизации электронного оборудования и батарей



CAUTION / ВНИМАНИЕ:

при использовании прибора следуйте прилагаемой инструкции



MADE IN RUSSIA / СДЕЛАНО В РОССИИ

Специально для Landviser LLC, USA

Техническая документация хранится у Landviser,

LLC 828 Davis Rd., Houston, TX 77573 USA; [info@landviser.net](mailto:info@landviser.net)

**Производитель и распространитель в России – ИП «ГеоПро» Позднякова Л.А.**  
143080, Московская обл., Одинцовский р-н, п. ВНИИССОК, ул. Михаила Кутузова,  
д. 5, кв. 206; ИНН 500712821459

**Менеджер Поздняков Лев Анатольевич:** 8-905-738-6503 / [apl-223@mail.ru](mailto:apl-223@mail.ru)

## © Copyright

Все права защищены.

LandMapper® - зарегистрированная торговая марка Landviser, LLC.

Landviser, LLC и ИП «ГеоПро» оставляют за собой право изменять дизайн и спецификации своих продуктов в любое время без предварительного анонсирования.

# СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| СОДЕРЖАНИЕ .....                                                                                                                                                              | 3  |
| Современные методики измерений электрофизических параметров почв.....                                                                                                         | 4  |
| ОПИСАНИЕ ПРИБОРА.....                                                                                                                                                         | 5  |
| LandMapper ERM-03 / 04.....                                                                                                                                                   | 5  |
| Технические характеристики.....                                                                                                                                               | 5  |
| Устройство и функции прибора .....                                                                                                                                            | 6  |
| <b>Режимы работы</b> .....                                                                                                                                                    | 8  |
| Структура меню настроек и режимов прибора.....                                                                                                                                | 9  |
| F1: Измерение удельного электрического сопротивления .....                                                                                                                    | 10 |
| F2: Измерение разности потенциалов, контроль напряжения батареи,<br>мониторинговые наблюдения, измерение разности потенциалов между М и N .....                               | 11 |
| F3: Измерение удельной электропроводности, изменение контрастности дисплея,<br>редактирование коэффициентов К1-К9, выбор ячейки для записи измерения, очистка<br>памяти. .... | 12 |
| Соединение с персональным компьютером.....                                                                                                                                    | 15 |
| Виртуальная клавиатура для управления прибором с ПК.....                                                                                                                      | 16 |
| Изменение контрастности дисплея .....                                                                                                                                         | 16 |
| Установка и регулировка внутренних часов прибора.....                                                                                                                         | 16 |
| Передача результатов измерений в *.csv файл на ПК.....                                                                                                                        | 16 |
| Решение технических проблем.....                                                                                                                                              | 18 |
| Изменение параметров подключения к компьютеру. ....                                                                                                                           | 18 |
| УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ .....                                                                                                                                                    | 20 |
| Измеритель .....                                                                                                                                                              | 20 |
| Гарантия, ремонт и запасные части .....                                                                                                                                       | 20 |
| Дополнительные аксессуары .....                                                                                                                                               | 21 |
| Четырех-электродные датчики (картирование) .....                                                                                                                              | 21 |
| Комплекты проводов для глубинных 1D и 2D зондирований.....                                                                                                                    | 22 |
| Неполяризующиеся электроды.....                                                                                                                                               | 23 |
| 1D вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) с использованием LandMapper ..                                                                                               | 25 |
| 2D диполь-дипольная электрическая томография с использованием LandMapper .....                                                                                                | 28 |
| Полевые процедуры.....                                                                                                                                                        | 29 |
| Программное обеспечение .....                                                                                                                                                 | 31 |

## **Современные методики измерений электрофизических параметров почв**

Геофизические портативные приборы LandMapper ERM-03 и ERM-04 используются для измерения удельного электрического сопротивления и проводимости в почвах, горных породах, растворах и тому подобных средах; а также для измерения естественных электрических потенциалов в почвах и растениях (только в модификации ERM-04).

Среди электрических параметров почв наиболее легко измеряемым и широко используемым в настоящее время является истинное удельное электрическое сопротивление, которое измеряется как в лабораторных, так и в полевых условиях в исходно однородных или гомогенизированных средах, таких как почвы, грунты, различные отложения, грунтовые воды, почвенные растворы, вытяжки, суспензии, и почвенные пасты.

До недавнего времени это направление измерений имело распространенность в основном только в лабораторных исследованиях и только для оценки засоленности почв. В полевых условиях такие измерения стали использовать в почвоведении и смежных науках совсем недавно (20-30 лет) и в основном на кафедре физики и мелиорации почв МГУ им. М.В. Ломоносова.

На протяжении двух-трех последних десятилетий широкое распространение этих методов сдерживалось отсутствием современного, удобного, портативного и высокопроизводительного прибора.

Для этих целей нами (ИП ГеоПро, Россия) и фирмой LANDVISER (США) в 2003 году разработан прибор для измерения электрических параметров почв и других геологических сред, а также в растениях в полевых условиях. Кроме того, прибор может быть использован для лабораторных измерений в любых образцах - почвы, пасты, суспензии, растворы, грунтовые воды, продукты питания и искусственные материалы.

Прибор может быть использован для быстрого картирования или 1Д/2Д визуализации неоднородностей электрических свойств в почвенном профиле от поверхности до глубины около 20 м. Данные подобной электроразведки можно интерполировать как неоднородности различных почвенных свойств: засоления, плодородия, каменистости, текстуры, загрязнения нефтепродуктами, глубины залегания грунтовых вод и вечной мерзлоты.

В последние десять лет методы приповерхностной электроразведки получили широкое применение в сельском хозяйстве (т.н. точное земледелие), экологической оценке и мониторинге земель, строительстве и археологии.

# ОПИСАНИЕ ПРИБОРА

## LandMapper ERM-03 / 04

### *Технические характеристики*

Основное предназначение – измерение электрических параметров почв: удельного электрического сопротивления (ER), электропроводности (EC) и естественных электрических потенциалов (SP).

Прибор проводит эти измерения в автоматическом режиме, автономен и портативен. Измеренные сопротивление/проводимость или электрический потенциал непосредственно выводятся на дисплей прибора.

- Диапазон измерений эл. сопротивление .....  $0,1 - 1 \cdot 10^6 \text{ Ом} \cdot \text{м}$   
эл. проводимость .....  $1 \cdot 10^{-6} - 10 \text{ Сим}^{-1}$   
эл. потенциал (только ERM-04) ... -1 to +1 В (шаг 0.01 мВ)
- Измеряемый электрический параметр ER/EC/SP устанавливается пользователем.
- Ошибка измерений не превышает..... 1%.

Прибор автоматически настраивается на диапазон измеряемых параметров для максимальной точности.

- Исходящая сила тока ..... 7.0 мА
- Исходящее напряжение, не более ..... 5 В
- Внутренний импеданс ..... 2,5 М Ом
- Измерения эквивалентны измерениям на постоянном токе, частота ..... 1,25 Герц
- Устанавливаемый пользователем К-коэффициент (геометрический) ..... 0,01 – 99,99
- Количество изменяемых К-коэффициентов ..... 10
- Количество ячеек памяти для записи параметров ..... 999

Возможность перезаписи ячеек памяти в полевых условиях, адресная запись данных в ячейку памяти.

- Метка реального времени с точностью до ..... 1,0 сек
- Возможность синхронизации внутренних часов прибора с атомными часами через ПК.

- Возможность автономного мониторинга измерений с устанавливаемой пользователем периодичностью ..... 1, 2, 5, 15, 30 мин; 1, 2, 4, 6, 12, 24 ч.
- Связь с ПК ..... USB порт

Эксплуатация прибора при:

- Температуре ..... от 0 до + 40°C
- Влажность воздуха, не более ..... 85%
- Вес прибора, не более ..... 250 г

## Устройство и функции прибора

### Передняя панель

**AB** - Гнёзда для подключения излучающих электродов АВ (обычно маркируются красными проводами).

**MN** - Гнёзда для подключения измеряющих напряжение электродов MN (обычно маркируются черными проводами), либо для подключения неполяризуемых электродов, измеряющих электрические потенциалы (только ERM-04).



**Порт USB** для передачи данных на компьютер находится в верхней части панели. Кабель USB и защитная заглушка для работы в поле поставляется в комплекте.

### Левая панель

 красная кнопка включения/выключения. 

### Лицевая панель

**F1** – возврат в режим измерения из меню. После нажатия кнопки **STOP** – выбор режима измерения удельного электрического сопротивления (на экране обозначается буквой **R**).

**F2** – выход в меню F2. После нажатия кнопки **STOP** – выбор режима измерения разности потенциалов (на экране обозначается буквой **U**; только ERM-04).

**F3** – выход в меню F3. После нажатия кнопки **STOP** – выбор режима измерения удельной проводимости (на экране обозначается буквой **G**).

- ▶ – кнопка **ВПРАВО** – многофункциональная кнопка перемещения внутри подменю, выбора ячейки памяти для записи измерения, переключения между изменяемыми символами при редактировании коэффициента К.
- ◀ – кнопка **ВЛЕВО** – многофункциональная кнопка перемещения внутри подменю, выбора ячейки памяти для записи измерения, переключения между изменяемыми символами при редактировании коэффициента К.
- ▲ – кнопка **ВВЕРХ** – многофункциональная кнопка переключения между коэффициентами К при измерении удельного электрического сопротивления или удельной электропроводности, также увеличивающая значения изменяемого символа при редактировании коэффициента К, значение контрастности в соответствующем пункте меню F3 и значение времени между измерениями в меню F2.



▼ – кнопка **ВНИЗ** – многофункциональная кнопка переключения между коэффициентами  $K$  при измерении удельного электрического сопротивления или удельной электропроводности, также уменьшающая значения изменяемого символа при редактировании коэффициента  $K$ , значение контрастности в соответствующем пункте меню F3 и значение времени между измерениями в меню F2.

**STOP** – кнопка выхода из текущего режима работы прибора и возврата в меню (в частности, выхода из режима измерения и выбор другого измеряемого параметра: **R**, **G** или **U**, выход из режима редактирования коэффициента  $K$  и сохранение его значения и т.д.)

**START** – кнопка для начала измерения выставленного на дисплее параметра с его автоматической записью в выбранную ячейку памяти. Также в соответствующих пунктах меню используется для начала редактирования выбранного коэффициента  $K$ , для начала регулярных мониторинговых измерений и для запуска очистки памяти прибора.

## Режимы работы

### Включение прибора и проведение измерений

Нажмите  красную кнопку на левой панели прибора для включения LandMapper. Сразу после включения на короткое время на экране появится надпись с обозначением модели ERM-03 или ERM-04. Затем прибор перейдет в режим измерения, в котором в верхней строке будет обозначен измеряемый параметр:

XXX K#\***R** (измерение удельного электрического сопротивления, ER)

XXX K#\***U** (измерение разности потенциалов, EP)

XXX K#\***G** (измерение удельной электропроводности, EC)

Число XXX представляет собой номер ячейки памяти, куда было записано последнее измеренное значение, а K# - последний использованный в измерениях коэффициент.

Во второй строке сразу после включения и до проведения первого измерения будут отображаться вопросительные знаки:?????. Нажмите **START**, чтобы произвести измерение выбранного электрического параметра. После этого вторая строка несколько раз изменится следующим образом:

.....  
-----  
+++++++  
\*\*\*\*\*

И затем во второй строке дисплея отобразится измеренное значение. Это значение автоматически будет записано в память прибора и номер ячейки памяти в первой строке увеличится на 1.



Теперь Вы можете произвести еще одно измерение в той же точке, переместиться в другое место, подключить другую измерительную установку AMNB или переключить режим измерения.

### Переключение режимов измерения



Для изменения измеряемого параметра нажмите **STOP**. Буква **R/U/G** в верхней правой части экрана начнет мигать.

Нажмите:

**F1** – для выбора **R** (удельное электрическое сопротивление, Ом·м).

**F2** – для выбора **U** (разность потенциалов, мВ; **только ERM-04**).

**F3** – для выбора **G** (удельная электропроводность, См/м).

После того как буква в верхней правой части экрана изменилась и перестала мигать, можно нажать **START** для измерения выбранного параметра.



## Структура меню настроек и режимов прибора

При нажатии кнопок **F1** / **F2** / **F3** без предшествующего нажатия **STOP** Вы окажетесь в меню настроек. Все пункты меню перечислены в таблице ниже и описаны в последующих пунктах инструкции.

**Таблица 1. Структура меню настроек и режимов прибора**

| Действие                         | Нажатие F1                                                                                           | Нажатие F2                                                                | Нажатие F3                                                                                                                              |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| После нажатия кнопки <b>STOP</b> | <u><b>R</b></u><br>измерение удельного электрического сопротивления                                  | <u><b>U</b></u><br>измерение разности потенциалов<br>(только ERM-04)      | <u><b>G</b></u><br>измерение удельной электропроводности                                                                                |
| Без нажатия кнопки <b>STOP</b>   | <u>Возврат к режиму измерения</u>                                                                    | F2 <u>Контроль напряжения батареи</u>                                     | F3 <u>Изменение контрастности дисплея</u>                                                                                               |
|                                  |                                                                                                      | F2+► <u>Мониторинговые наблюдения</u>                                     | F3+► <u>Редактирование коэффициентов K1-9</u>                                                                                           |
|                                  |                                                                                                      | F2+◄ <u>Наблюдение за разницей потенциалов между M и N</u>                | F3+►► <u>Выбор ячейки для записи измерения</u>                                                                                          |
|                                  |                                                                                                      |                                                                           | F3+►►► <u>Очистка памяти</u>                                                                                                            |
| Нажатие кнопки <b>START</b>      | Измерение выставленного на дисплее параметра с его автоматической записью в выбранную ячейку памяти. | Начало регулярных мониторинговых измерений в соответствующем пункте меню. | В соответствующих пунктах меню - редактирование выбранного коэффициента K, редактирование номера ячейки памяти, очистка памяти прибора. |

## ***F1: Измерение удельного электрического сопротивления***

### **F1. 1. Режим измерения ER**



1. Соедините электроды А, В, М и N четырех-электродной измерительной установки и гнезда на передней панели прибора (обычно для АВ используется **красная** маркировка проводов, а для MN – **черная**). Не имеет значения, какой из пары красных электродов будет подсоединен к гнезду А, а какой – к В, так же и с парой черных электродов М и N.

2. Заземлите все четыре электрода в выбранных местах.

Нажмите  **красную** кнопку на левой стороне прибора и включите устройство. Сразу после включения на короткое время на экране появится надпись с обозначением модели ERM-03 или ERM-04. Затем прибор перейдет в режим измерения, в котором в верхней строке будет обозначен измеряемый параметр:

XXX К#\***R** (измерение удельного электрического сопротивления)

XXX К#\***U** (измерение разности потенциалов)

XXX К#\***G** (измерение удельной электропроводности)

**Примечание:** число XXX представляет собой номер ячейки памяти, куда было записано последнее измеренное значение, а К# - последний использованный в измерениях коэффициент. Также при включении прибор будет находиться в режиме, использовавшемся ранее. Чтобы перейти в режим измерения сопротивления, нажмите **STOP** и затем **F1**. Выбрать другой записанный в памяти коэффициент К можно при помощи кнопок **ВВЕРХ** и **ВНИЗ**. Значение коэффициента К должно совпадать со значением, написанным на измерительной установке (если она заказана у ИП ГеоПро) или быть высчитано исходя из расстояний между электродами. Чтобы посмотреть и изменить значения записанных в памяти коэффициента К1-К9 обратитесь к пункту [F3. 3 Редактирование коэффициентов К1-К9](#). Для расчета коэффициентов К обратитесь к пункту [Четырех-электродные датчики](#).

Прибор готов к измерениям. Для сохранения заряда батареи прибор автоматически отключится через 5 минут простоя.

3. Нажмите кнопку **START** для проведения измерения. Измеренное значение сопротивления отобразится на экране.

4. Полученное значения сопротивления записывается в памяти прибора и номер ячейки, указанный на дисплее, увеличивается на 1. Прибор готов к следующему измерению.

**Примечание:** если величина удельного электрического сопротивления выше 1000 Ом·м, то прибор будет отображать числовое значение, оканчивающееся буквой К, указывая, что сопротивление измерено в кОм·м, то есть в тысячах Ом·м. LandMapper может измерять ЕС/ER в широком диапазоне, см. [https://landviser.com/wp-content/uploads/2021/salinityEC\\_ERranges.pdf](https://landviser.com/wp-content/uploads/2021/salinityEC_ERranges.pdf)

### **F1. 2. Возврат к режиму измерения**

В LandMapper ERM-03 и ERM-04 кнопка **F1** не запрограммирована на установку каких-либо настроек. Только комбинация **STOP => F1** используется для возврата к режиму измерения удельного электрического сопротивления из режимов измерения

электропроводности (G) или потенциалов (U). Простое нажатие **F1** осуществляет выход из меню и возврат к режиму измерения выбранного ранее параметра.

## ***F2: Измерение разности потенциалов, контроль напряжения батареи, мониторинговые наблюдения, измерение разности потенциалов между M и N***

### **F2. 1. Измерение электрических потенциалов (только ERM-04)**



1. Присоедините неполяризуемые электроды к гнездам MN на передней панели устройства.

2. Для выбора режима измерения разности потенциалов нажмите **STOP** и затем **F2**. В верхней строке дисплея должно отобразиться: XXX K#\*U

3. Выберите электрод сравнения и подключите его к объекту с заведомо низким электрическим потенциалом. В случае с измерением в почвенном разрезе это наиболее влажный и богатый глинистыми частицами горизонт, обычно находящийся внизу профиля. При измерении разности потенциалов в системе почва-растение рекомендуется присоединить электрод сравнения к поверхности почвы, а второй электрод к листу или стволу растения.

Чтобы измерить и записать разность потенциалов нажмите **START** и плотно прижмите плоскую поверхность электрода к поверхности почвы или растения. Значение разности потенциалов высветится на экране, а также запишется в текущей ячейке памяти, после чего устройство переключится на следующую ячейку и будет готово к новому измерению.



### **F2. 2. Контроль напряжения батареи**

Нажмите **F2** (без нажатия **STOP**) – и прибор переключится в меню на пункт проверки напряжения батареи. На дисплее отобразится:

$$U_{bat} = \text{.-} \text{ V}$$

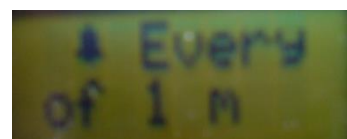
Если напряжение меньше, чем 7V, на дисплее появится надпись:

$$U_{bat} < \text{min}$$

В этом случае необходимо заменить батарею.

### **F2. 3. Установка регулярных автоматических (мониторинговых) измерений**

1. Удостоверьтесь, что прибор находится в режиме измерения интересующего Вас электрического параметра (R, U или G).
2. Нажмите **F2** (без нажатия **STOP**) и перейдите в режим мониторинговых наблюдений (►) через функцию контроля напряжения батареи.
3. Используя кнопки (▲) и (▼) установите интервал измерений: 1, 2, 5, 15, 30 мин; 1, 2, 4, 6, 12, 24 часа. Нажмите **START**.
4. Вы можете оставить LandMapper и заниматься другими делами, прибор будет продолжать измерения и записывать их в ячейки памяти автоматически.



**Примечание:** количество ячеек памяти составляет 1000 единиц. Автоматические измерения прекратятся, как только вся память будет заполнена. Рассчитайте время, чтобы перенести данные на компьютер, очистить память и затем возобновить мониторинговые наблюдения.

- Чтобы остановить мониторинговые наблюдения, снова включите прибор – он сразу перейдет в режим мониторинговых наблюдений, показывая на экране выбранный интервал автоматических измерений. Нажмите **STOP** для выхода из режима.

#### **F2. 4. Наблюдение за разницей потенциалов (доступно для ERM-03 и ERM-04)**

Нажмите **F2** (без нажатия **STOP**) и перейдите в режим наблюдения за разницей потенциалов нажатием кнопки (**◀**). На дисплее отобразится надпись:

|               |                   |
|---------------|-------------------|
| Первая строка | <b>Umn</b>        |
| Вторая строка | <b>---.--- mV</b> |

Во второй строке показаны постоянно меняющиеся текущие значения разности потенциалов между электродами М и N в мВ. Запись значений в ячейки памяти в данном режиме не производится.

### ***F3: Измерение удельной электропроводности, изменение контрастности дисплея, редактирование коэффициентов K1-K9, выбор ячейки для записи измерения, очистка памяти.***

#### **F3. 1. Измерение удельной электропроводности**



- Соедините электроды А, В, М и N четырех-электродной измерительной установки и гнезда на передней панели прибора (обычно для АВ используется **красная** маркировка проводов, а для MN – **черная**). Не имеет значения, какой из пары красных электродов будет подсоединен к гнезду А, а какой – к В, так же и с парой черных электродов М и N.
- Заземлите все четыре электрода в выбранных местах.
- Для выбора режима измерения удельной электропроводности нажмите **STOP** и затем **F3**. В верхней строке дисплея должно отобразиться: XXX K#\*G
- Нажмите кнопку **START** для проведения измерения. Измеренное значение сопротивления отобразится на экране.
- Полученное значения сопротивления записывается в памяти прибора и номер ячейки, указанный на дисплее, увеличивается на 1. Прибор готов к следующему измерению.

**Примечание:** значение коэффициента К должно совпадать со значением, написанным на измерительной установке (если она заказана у ИП ГеоПро) или быть высчитано исходя из расстояний между электродами. Выбрать другой записанный в памяти коэффициент К можно при помощи кнопок **ВВЕРХ** и **ВНИЗ**. Чтобы посмотреть и изменить значения записанных в памяти коэффициента K1-K9 обратитесь к пункту [F3. 3 Редактирование коэффициентов K1-K9](#). Для расчета коэффициентов К обратитесь к пункту [Четырех-электродные датчики](#).

**Примечание:** если величина удельной электропроводности ниже 0,001 См/м, то прибор будет отображать числовое значение, оканчивающееся буквой m, указывая, что электропроводность измерена в мСм/м, то есть в тысячных долях См/м. Если

электропроводность окажется меньше 0,000001 См/м, на дисплее отобразятся буквы mk, указывая на использование уже мкСм/м, то есть миллионных долей См/м. LandMapper может измерять ЕС/ЕР в широком диапазоне, см. [https://landviser.com/wp-content/uploads/2021/salinityEC\\_ERranges.pdf](https://landviser.com/wp-content/uploads/2021/salinityEC_ERranges.pdf)

### Ф3. 2. Изменение контрастности дисплея

1. Нажмите **F3** (без нажатия **STOP**) – и прибор переключится в меню на пункт изменения контрастности дисплея. На экране появится надпись:

|               |                 |
|---------------|-----------------|
| Первая строка | <b>Contrast</b> |
| Вторая строка | <b>X</b>        |

2. Нажатием кнопок (**▲**) и (**▼**) выберите оптимальное значение от 0 до 10.
3. Для сохранения выбранного значения и возврата в режим измерения нажмите **F1**.

### Ф3. 3. Редактирование коэффициентов К (К1-9)

1. Нажмите **F3** (без нажатия **STOP**), а затем кнопку (**►**) чтобы попасть в пункт просмотра и редактирования коэффициентов R. Выберите нужный коэффициент от 0 до 9 используя кнопки (**▲**) и (**▼**). На экране в это время будет отображаться:

**Kx(0-9) = --,--**

2. Чтобы изменить значение выбранного коэффициента, нажмите **START**. Одна из цифр начнет мигать – вы можете изменить ее кнопками (**▲**) и (**▼**). Выбрать другую цифру для изменения можно кнопками (**►**) и (**◄**).

**Примечание:** коэффициент K0 всегда равен 1 и не может быть изменен.

3. Чтобы сохранить новое значение коэффициента, снова нажмите **START**.
4. Чтобы выйти из меню в режим измерения, нажмите **F1**.

**Примечание:** если измерение производится при K0=1, то полученное значение представляет собой сопротивление, но не удельное сопротивление. Оно может быть полезно, если геометрия измерительной установки постоянно меняется, как в случае вертикального электрического зондирования (ВЭЗ). Впоследствии значения сопротивления могут быть умножены на соответствующие коэффициенты с получением требуемых значений. То же справедливо и для электропроводности.

### Ф3. 4. Выбор ячейки памяти для сохранения измеренных значений

После включения прибора нажмите **F3** и перейдите в пункт установки номера ячейки памяти для сохранения новых измеренных значений двумя нажатиями кнопки (**►**). На дисплее отобразится надпись:

|               |                 |
|---------------|-----------------|
| Первая строка | <b>Start ID</b> |
| Вторая строка | <b>XXX</b>      |

Вы можете изменять значение XXX кнопками (**▲**) и (**▼**), либо Вы можете нажать кнопку **START**, выбрать одну из цифр в трехзначном номере ячейки и изменять ее, что удобно для быстрого перемещения в массиве номеров. Для сохранения номера нажмите снова **START**. Для возврата в режим измерения нажмите **F1**.

### Ф3. 5. Очистка памяти

После включения прибора нажмите **F3** и перейдите в пункт очистки памяти тремя нажатиями кнопки (**►**). На дисплее отобразится надпись:

**Cleaning  
memory**

1. Нажмите **START**. На дисплее будут последовательно показаны номера очищаемых ячеек от 0 до 999:

**Cleaning  
XXX ID**

2. После того как очистка памяти будет закончена, снова появится надпись:

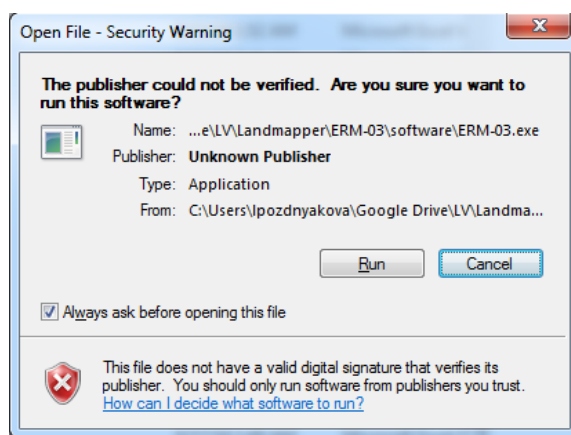
**Cleaning  
memory**

3. Для возврата в режим измерения нажмите **F1**.

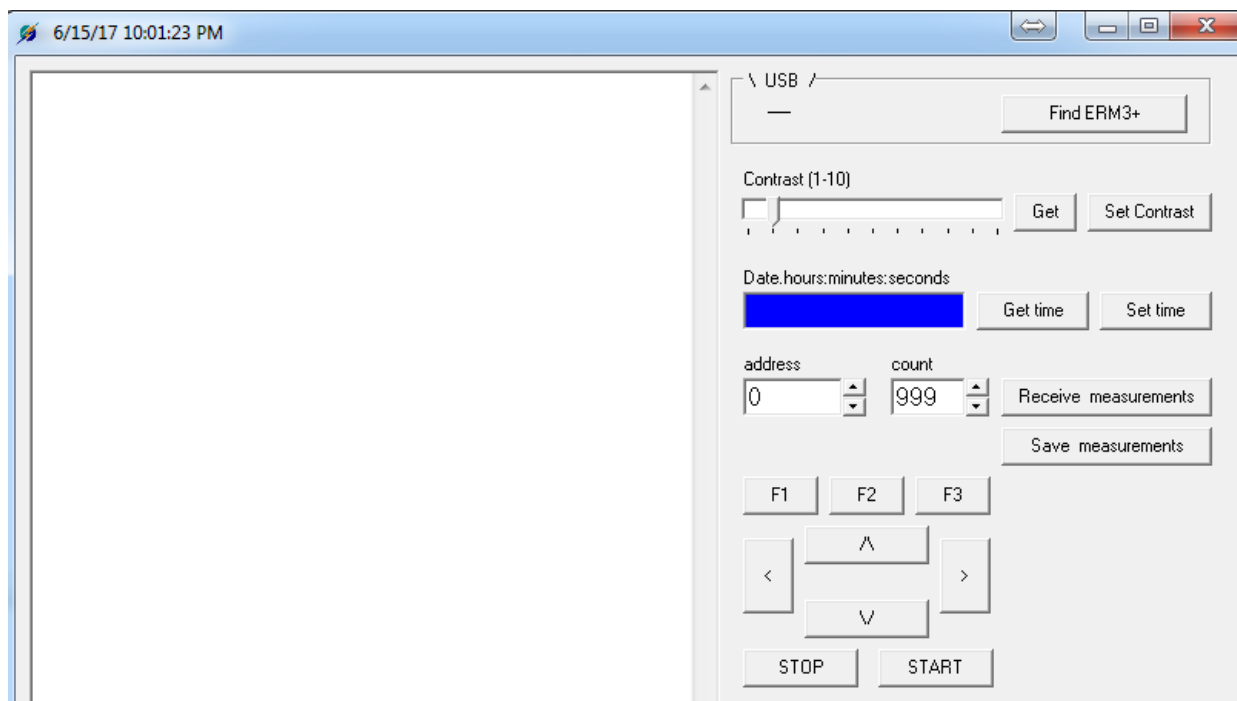


## Соединение с персональным компьютером

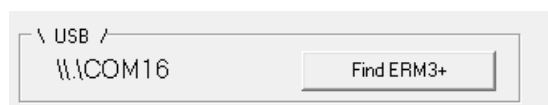
1. Присоедините поставляемый в комплекте с прибором USB-кабель к разъему на передней панели прибора и к USB-порту вашего компьютера.
2. Скопируйте программу **ERM-03/04.exe** из папки SOFTWARE поставляемого в комплекте CD или USB-накопителя на жесткий диск вашего компьютера. Вы можете также скачать последнюю версию программы с нашего сайта: <https://landviser.com/landmapper>. Программа протестирована только на IBM-совместимых компьютерах под управлением ОС Windows, включая Win10.
3. Двойным кликом мыши запустите программу. Нажмите RUN в случае всплывающего сообщения службы безопасности.



Интерфейс программы выглядит следующим образом:

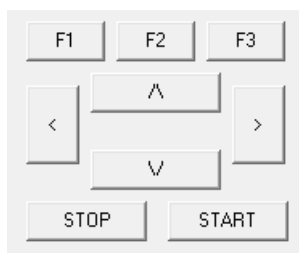


4. Включите прибор и нажмите кнопку **Find ERM03+** в правом верхнем углу окна программы. Программа должна установить связь с прибором, после чего слева от кнопки появится номер используемого порта. Если этого не произошло,



следует [изменить номер порта](#), присвоенный прибору операционной системой по умолчанию.

### ***Виртуальная клавиатура для управления прибором с ПК***



Пока LandMapper соединен с ПК, виртуальная клавиатура в правом нижнем углу окна программы может быть использована для управления прибором и его режимами точно так же, как и настоящая клавиатура прибора (см. инструкции выше).

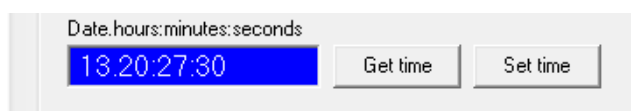
### ***Изменение контрастности дисплея***

В верхнем правом углу также находится ползунок, напрямую регулирующий настройки контрастности дисплея прибора. Кнопка **Get** используется для получения значения от прибора, а **Set Contrast** – для установки выбранного значения на приборе.



### ***Установка и регулировка внутренних часов прибора***

LandMapper снабжен внутренними часами, выставленными по часовым поясам наших офисов (Хьюстон, Техас: UTC -06:00; или Москва, Россия: UTC +03:00). Для получения согласующихся результатов (например, для сопоставления записанных в приборе данных с маршрутом в GPS-навигаторе) и корректных мониторинговых наблюдений мы рекомендуем синхронизировать часы прибора с часами вашего ПК, и периодически повторять эту процедуру перед выездом в экспедицию или при каждой передаче данных на ПК.



Для синхронизации часов нажмите сначала кнопку **Get time**, а затем **Set time**.

### ***Передача результатов измерений в \*.csv файл на ПК***

Элементы интерфейса, обозначенные справа используются для передачи полученных и сохраненных в памяти прибора значений R, U и G на ПК.



1. Установите номер стартовой ячейки в поле **address** и задайте последнюю ячейку для извлечения данных в поле **count**. Значения по умолчанию 0 и 999 позволяют извлечь все содержимое памяти прибора.
2. Нажмите кнопку **Receive measurements**. Переданные из памяти прибора в память ПК данные будут отображены в окне слева. Таблица 2 показывает структуру извлеченных данных.



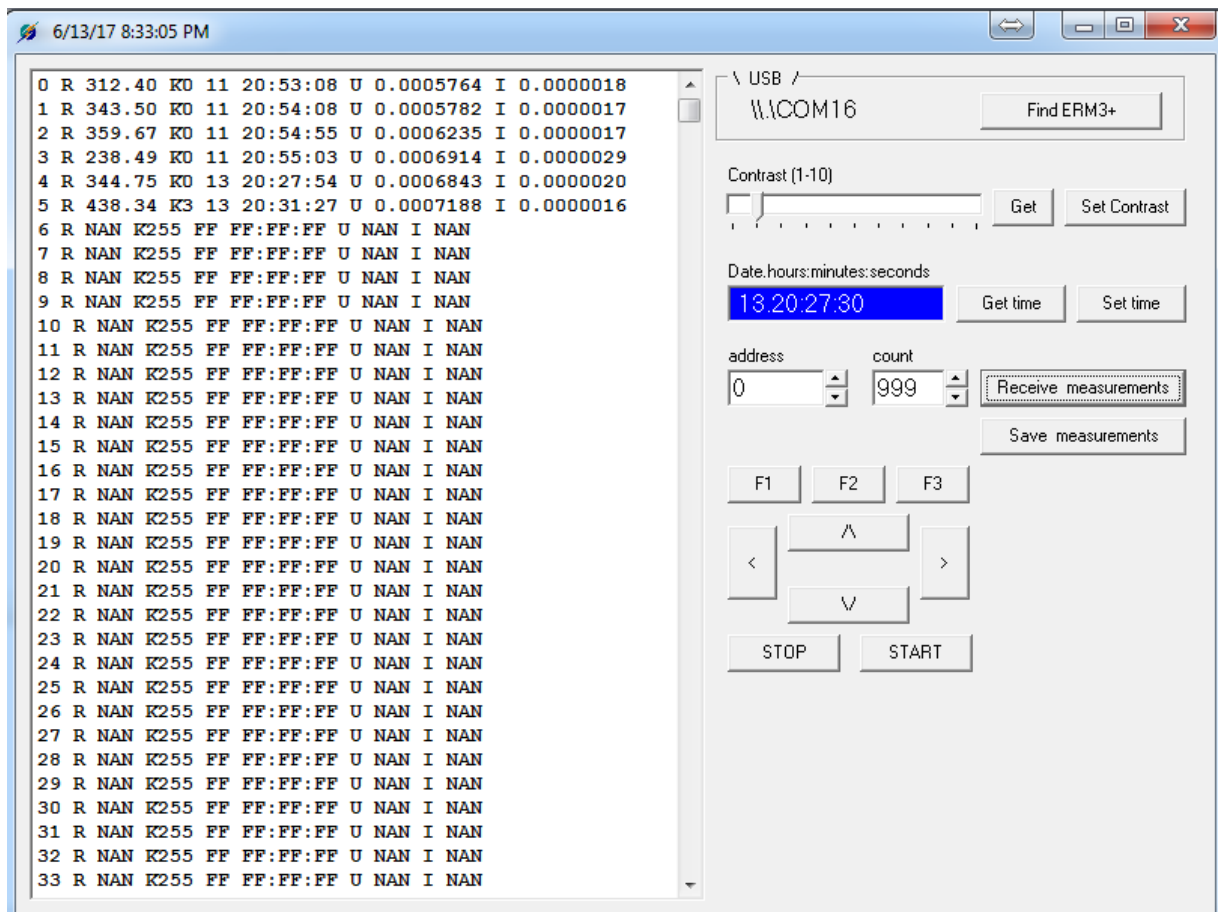


Таблица 2. Формат структуры данных

| Номер ячейки                                   | Измеренный параметр | Значение параметра              | Используемый К | День месяца | Время измерения | U | Значение U                      | I | Значение I                      |
|------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------|----------------|-------------|-----------------|---|---------------------------------|---|---------------------------------|
| Для ячеек с записанными результатами измерений |                     |                                 |                |             |                 |   |                                 |   |                                 |
| 0-999                                          | R / U / G           | Число с 2 знаками после запятой | K0–K9          | 1 - 31      | ЧЧ:ММ:СС        | U | Число с 7 знаками после запятой | I | Число с 6 знаками после запятой |
| Для пустых ячеек                               |                     |                                 |                |             |                 |   |                                 |   |                                 |
| 0-999                                          | R                   | NAN                             | K255           | FF          | FF:FF:FF        | U | NAN                             | I | NAN                             |

- Чтобы сохранить данные в текстовом ASCII формате (\*.csv) нажмите кнопку **Save measurements**.
- Файл может быть открыт при помощи Excel, при этом содержимое колонок соответствует формату, показанному выше в таблице 2.

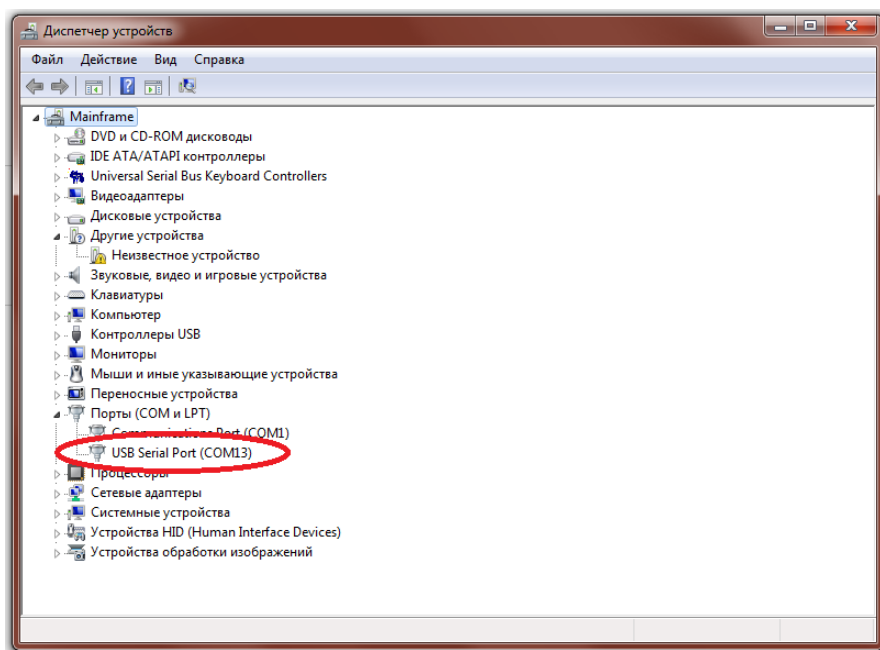
|   | A   | B | C           | D | E  | F          | G | H          | I | J        |
|---|-----|---|-------------|---|----|------------|---|------------|---|----------|
| 1 | 0 R |   | 111.23 K0   |   | 12 | 16:22:51 U |   | 0.000159 I |   | 1.4E-06  |
| 2 | 1 R |   | 10025.16 K0 |   | 14 | 8:00:38 U  |   | 4.560893 I |   | 0.000455 |
| 3 | 2 R |   | 10026.47 K0 |   | 14 | 8:02:05 U  |   | 4.560757 I |   | 0.000455 |
| 4 | 3 R |   | 10027.38 K0 |   | 14 | 8:02:19 U  |   | 4.560714 I |   | 0.000455 |

## Решение технических проблем

| Проблема                                                                                                                                                              | Решение                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Прибор не включается или дисплей гаснет во время работы                                                                                                               | Замените батарею. Используйте только 9V PP3 батареи. Хорошей практикой является <a href="#">проверка напряжения батареи</a> перед каждым циклом геофизических исследований. В полевых условиях всегда держите под рукой запасную батарею.                                                                  |
| Память переполнена (на экране высвечивается номер 999 ячейки памяти)                                                                                                  | <a href="#">Скопируйте данные</a> на персональный компьютер. Проведите процедуру <a href="#">очистки памяти</a> .                                                                                                                                                                                          |
| Показания не видны на экране                                                                                                                                          | Увеличьте <a href="#">контрастность изображения</a> .                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Необычно низкие или высокие показания удельного электрического сопротивления или электропроводности (резко отличающиеся от аналогичной или расположенной рядом точки) | Скорее всего нарушен контакт между прибором, проводами, электродами и почвой. В большинстве случаев решением является повторное заземление электродов. Если проблема сохраняется, проверьте контакт штекеров с разъёмами на передней панели прибора. Зажмите сильнее места контакта проводов со штекерами. |
| Прибор включен и соединен с компьютером через USB-кабель, однако программа его не видит.                                                                              | Необходимо <a href="#">изменить номер порта</a> , присвоенный прибору операционной системой по умолчанию (см. ниже).                                                                                                                                                                                       |

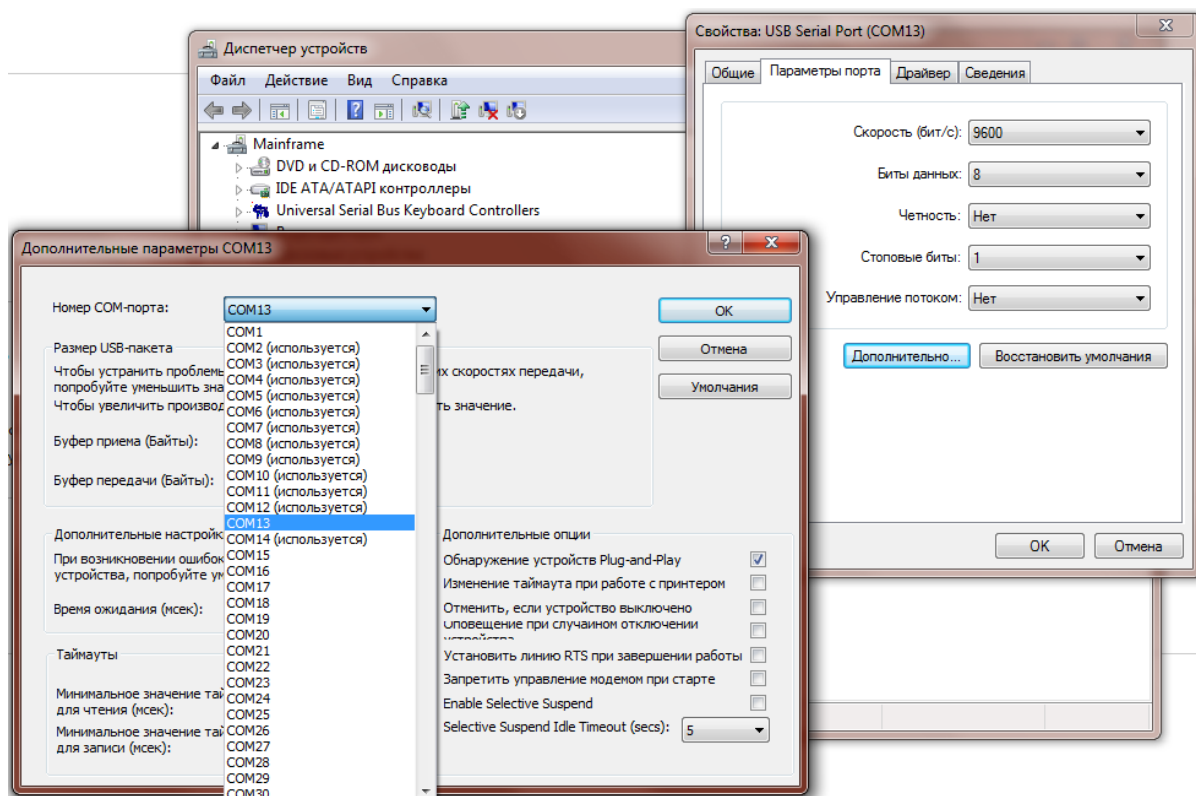
### *Изменение параметров подключения к компьютеру.*

При соединении с компьютером операционная система автоматически обнаружит даже выключенный прибор и установит необходимый драйвер. В «Диспетчере устройств» он отображается следующим образом:



Если присоединенный к компьютеру и включенный прибор не определяется программой, то, прежде всего, следует изменить номер порта, присвоенный ему системой. Для этого нажмите на строку устройства правой кнопкой мыши и войдите в свойства устройства. Перейдите на вкладку «Параметры порта» («Port Settings») и нажмите кнопку «Дополнительно» («Advanced»). Далее в выпадающем списке «Номер

COM-порта» («COM Port Number») выберите не используемый системой порт, начиная от COM5 и далее.



Нажмите «ОК» на всех ранее открытых окнах. Перезагрузите компьютер и вновь попробуйте установить соединение с прибором. Скорее всего, программа обнаружит прибор даже без перезагрузки, но если соединения по-прежнему не происходит, попробуйте выбрать COM-порт с еще более высоким номером. Если не один из портов не подходит, сообщите нам о проблеме.

# УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

## ***Измеритель***

Корпус прибора LandMapper ERM-04 изготовлен компанией OKW Gehuse systeme из прочного АБС пластика.

Степень защиты прибора LandMapper ERM-04 – IP 41 (частичная защита от проникновения пыли и воды). То есть возможно проведение нормальных полевых работ при небольшом дожде, но при погружении прибора в воду возможно повреждение внутренней электроники.

Если прибор случайно попал в воду, вытащите батарею и тщательно просушите прибор. С большой вероятностью прибор будет после этого исправно работать, но прибор не застрахован от повреждений водой внутренней электроники.

Клавиатура и LCD дисплей имеют запас прочности на много лет эксплуатации в полевых и лабораторных условиях. При загрязнении можно протирать корпус, клавиатуру и дисплей мягкой влажной тряпочкой. Не используйте химические чистящиеся средства – они могут повредить пластик и дисплей.

Храните LandMapper при комнатной температуре и влажности когда он не используется. При длительном хранении (более месяца) рекомендуется вынимать батарею во избежание ее окисления внутри прибора. Используйте батарейки типа PP3 (9V). Измеритель может быть поврежден при использовании источников тока не рекомендованных производителем. При смене батарейки не тяните за провода/клеммы идущие от батареи – они могут оторваться внутри прибора и вызвать повреждения которые может починить только производитель.

ИП «ГеоПро» и Landviser LLC не несут ответственности за повреждения прибора или потерю данных вызванные его неправильной эксплуатацией.

## **Гарантия, ремонт и запасные части**

Инструменты, произведенные ИП «ГеоПро» имеют гарантию 12 месяцев на дефекты в электронике и использованных материалах. Гарантией не покрываются случаи повреждения в результате неправильной эксплуатации прибора.

В течении гарантийного срока приборы могут быть возвращены в ИП «ГеоПро», и мы обязуемся починить или заменить измеритель в течении 2-х недель.

Электродные установки, кабели и неполяризующиеся электроды приобретенные, у нас имеют гарантию 3 месяца. Подобные аксессуары относятся к категории расходные материалы.

## ***Сервисное обслуживание по истечении гарантийного срока.***

### ***Запасные части***

Запасные части и аксессуары для инструментов изготовленных ИП «ГеоПро» могут быть дополнительно приобретены у нас. Они высылаются в течении 5 рабочих дней после получения заказа. Ассортимент периодически обновляется, спрашивайте у Вашего представителя о наличии аксессуаров на складе.

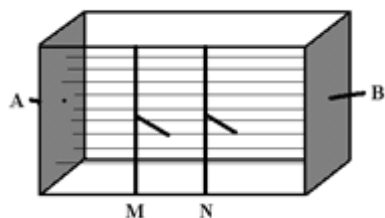
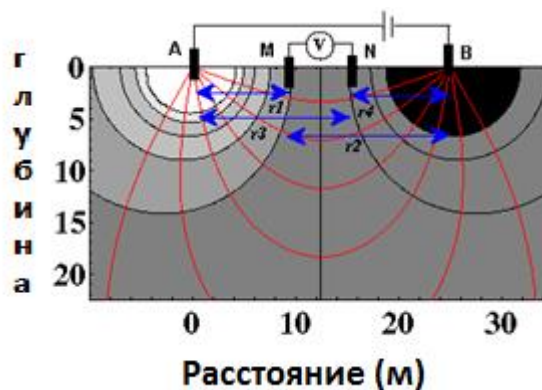
## Дополнительные аксессуары

Четырех-электродные датчики (пробы) для измерения электрического сопротивления или проводимости почв, паст, суспензий и растворов в полевых и лабораторных условиях, а также датчик для проведения горизонтального и площадного профилирования (ГЭП, ПЭП) и вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) несложно изготовить самим по предоставляемым инструкциям. Эти датчики также можно заказать у нас.

### Четырех-электродные датчики (картирование)

В почвоведении получили распространение четырех-электродные симметричные прямолинейные установки электродов АМNB и способы измерения сопротивления на их основе пришедшие из глубинной геофизической электроразведки. На электроды АВ подается исходное поле и в этой цепи измеряется ток. На MN измеряются разности потенциалов, которые возникают в среде при прохождении подаваемого тока.

Сопротивление рассчитывается по формуле – закон Ома. Форма электродов может быть точечной или площадной (Хмелевской, 1973,1979; Поздняков и др., 1979, 1996).



$$ER = K \frac{\Delta U}{I} [\text{Ом}] \quad K = \pi \frac{[AM][AN]}{[MN]} [\text{м}]$$

При площадных электродах АВ в почве создается однородное электрическое поле, и поэтому измеряемое сопротивление называют «истинным сопротивлением».

*Истинное удельное электрическое сопротивление – это такое электрическое сопротивление, которое измеряется для относительно однородного объема почвы в однородном электрическом поле.*

Кажущееся удельное электрическое сопротивление это сопротивление, измеренное явно для неоднородного объема почвы в неоднородном электрическом поле. Примером может служить горизонтальное электрическое профилирование (ГЭП) или картирование – способ измерения электрического сопротивления неизменной установкой АМNB, перемещаемой по линии (профилю) и обеспечивающей измерение примерно одинакового по мощности слоя почвы.

Четырех-электродная проба изготовлена из пластиковых труб и достаточно крепкая для нормального почвенного картирования. Однако при использовании на каменистых или сильно ссохшихся почвах возможны поломки пластика или электродов. Обычно достаточно слегка надавить на рукоятку чтобы обеспечить хороший контакт при заземлении. Однако при использовании проб больших размеров можно вжать электроды в почву слегка надавив





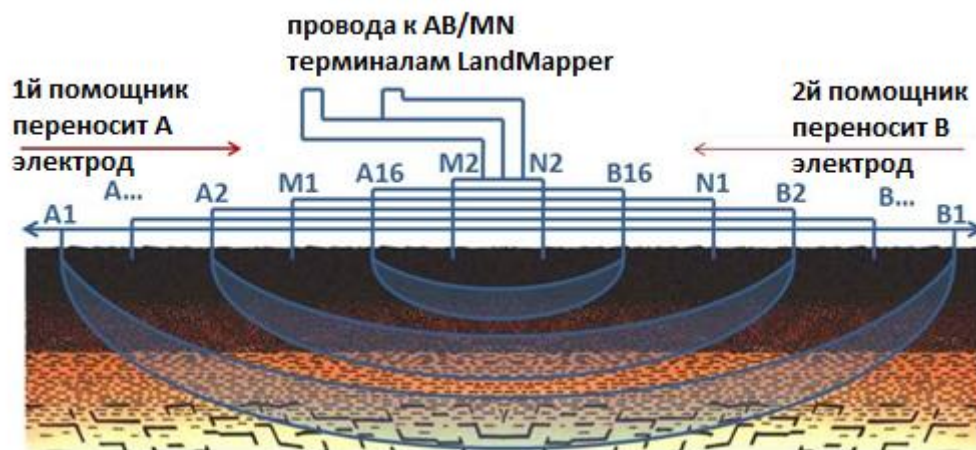
ногой непосредственно над каждым электродом чтобы обеспечить адекватный контакт между электродами и почвой. В зависимости от условий картируемого участка, изъятие пробы из почвы за рукоятку обычно не вызывает затруднений.

Пластиковые трубы пробы соединены в Т-соединение без использования клея что бы обеспечить портативность пробы при транспортировке. Перед интенсивным картированием участка пользователь может укрепить Т-соединение клеем или нарезными шурупами.

Не обязательно очищать электроды от налипшей почвы между измерениями или ежедневно по окончании полевых работ, но рекомендуется вымыть и просушить пробу перед длительным хранением что бы избежать ржавчины.

### ***Комплекты проводов для глубинных 1D и 2D зондирований***

Вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) - способ измерения варьирования кажущегося удельного электрического сопротивления с глубиной на одном месте. Это осуществляется путем заземления электродов АВ и MN с нарастающими расстояниями между ними и постоянным центром на поверхности почвенного покрова.



Послойное электрическое зондирование (ПЭЗ) или электро-томография – способ, совмещающий особенности методов ВЭЗ и ГЭП и обеспечивающий одновременное измерение удельного электрического сопротивления по вертикали и горизонтали с целью создания 2D изображений подпочвенных структур. Кривые ВЭЗ и ПЭЗ – функции зависимости кажущихся сопротивлений от половины расстояния между электродами АВ (полуразноса АВ). Заметим, что, поскольку, во всех методах для измерения сопротивления используется один и тот же подход, который является измерительной основой для всех методов, то они могут выполняться одним и тем же прибором.



Комплекты проводов для ВЭЗ или ПЭЗ (томографии) легко можно изготовить самим или заказать у нас.

## Неполяризующиеся электроды

Если Вы хотите использовать LandMapper для измерения естественного электрического потенциала в почвах, растениях или других объектах, Вам понадобятся как минимум два неполяризующихся электрода для измерения разницы потенциалов между двумя точками, которые могут представлять собой почвенные слои, растения, ткани животных и т.д. в любом сочетании.

Неполяризующиеся электроды для измерения электрического потенциала в изготовлении трудоемки и их мы рекомендуем заказывать у нас. Отмечаем, что не все модели прибора LandMapper могут быть использованы для измерения потенциала (в настоящее время это **модели ERM-02 и ERM-04**).

Неполяризующиеся электроды обычно состоят из металлического стержня (провода), погруженного в раствор соли того же металла. Внешняя поверхность электрода сформирована полупроницаемой мембраной, которая непосредственно контактирует с изучаемой средой. На практике жидкую среду требуется периодически обновлять, а электроды приводить в равновесие.

### Большие керамические (Cu-CuSO<sub>4</sub>) неполяризующиеся электроды



Неполяризующиеся электроды обычно имеют металлический сердечник (проволоку), погруженный в раствор соли того же металла. Снаружи электрод представляет собой пористую мембрану, которая контактирует с измеряемой средой. На практике жидкий раствор в электроде приходится каждый раз доливать, а электроды заново калибровать.

Керамические электроды, поставляемые компанией Landviser (производятся фирмой GeoDevice) должны быть заполнены насыщенным раствором пентагидрата сульфата меди (CuSO<sub>4</sub>\*5H<sub>2</sub>O), который легко растворим.

#### За ночь до начала полевых работ:

Приготовьте раствор для заполнения. Вам понадобится дистиллированная вода и порошкообразная соль - пентагидрат сульфата меди.

В отдельной чистой стеклянной емкости приготовьте насыщенный раствор:

1. Наполните емкость дистиллированной водой до половины объема.
2. Медленно добавьте соль и перемешайте до растворения.
3. Продолжайте добавлять соль, пока не увидите, что кристаллы больше не растворяются.
4. Добавьте еще немного соли в контейнер и перемешайте, чтобы на дне контейнера осталось около 1 см соли.
5. Добавьте немного соли непосредственно в чашку керамического электрода через отверстие на верхней оранжевой части (открутите черную пробку).
6. Осторожно вылейте насыщенный раствор поверх нерастворенной соли в контейнере в керамический электрод.
7. Закрутите черную пробку обратно.



Храните пару заполненных электродов с белой керамической частью, погруженной в неглубокий контейнер с насыщенным раствором  $\text{CuSO}_4$ , непосредственно перед проведением измерений естественного потенциала.

Пентагидрат сульфата меди легко доступен во всем мире, он нетоксичен и используется в качестве микроудобрения.

Например, вы можете приобрести его на Amazon, Alibaba или в местных магазинах для садоводов.

### Мини- и микро- твердые (Ag-AgCl) неполяризующиеся электроды



Компания Landviser, LLC также предлагает мини неполяризующиеся твердотельные электроды (Ag-AgCl) с разъемами типа "банан" для терминалов LandMapper. Эти изолированные или монтируемые многоцветные электроды специально разработаны для использования в электрофизиологии и медицине, но могут быть легко адаптированы для почв и растений. Они изготовлены с использованием высококачественных спеченных сенсорных электродов Ag-AgCl. Эти хлорсеребряные электроды очень стабильны, их характеристики исключительно воспроизводимы. В отличие от плакированного или хлорированного серебра, эти Ag-AgCl электроды цельные по всей поверхности, не используются наполнители или связующие - только чистое хлористое серебро. В случае

повреждения или загрязнения поверхности можно просто зачистить загрязнённую поверхность с помощью наждачной бумаги для восстановления первоначальных характеристик электрода. Благодаря своей электрохимической стабильности и воспроизводимости электроды Ag-AgCl являются превосходными СТАНДАРТНЫМИ и РЕФЕРЕНТНЫМИ электродами.

| Основные характеристики                | Применение                                                     |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| По существу неполяризуемые             | Референтные электроды                                          |
| Спеченный                              | Датчики электрических потенциалов в почве, растениях, животных |
| Никогда не требует хлорирования        | Мониторинг мембранного потенциала                              |
| Многоцветные - Повторно обрабатываемые | Стимуляция нервных клеток в культуре тканей                    |

Неполяризующиеся хлорид-серебряные (Ag-AgCl) электроды цельно-твердые, что означает отсутствие в их составе жидких растворов. Такие электроды имеют длительный срок службы, просты в транспортировке и эксплуатации. Пара электродов поставляется в комплекте с длинными проводами, соединенными своими концами друг с другом. Это лучший способ для хранения, поскольку позволяет двум электродам выровнять их собственные потенциалы.

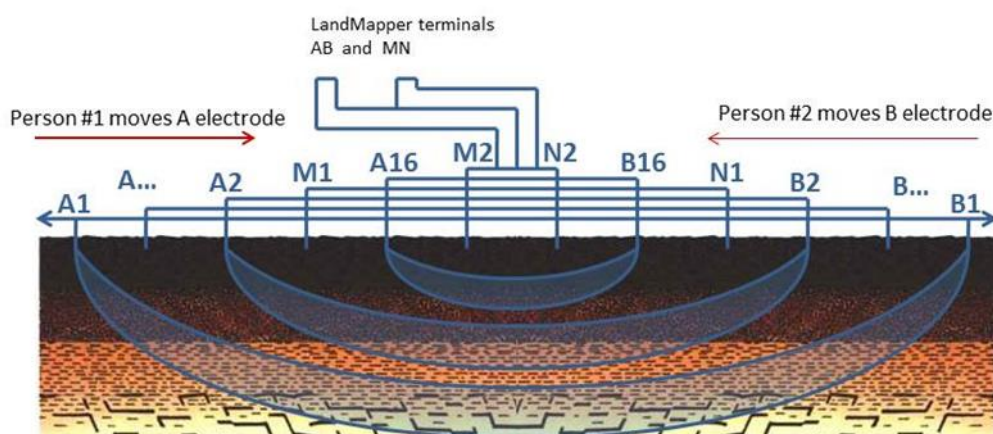




## 1D вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) с использованием LandMapper



Техника проведения ВЭЗ, описанная здесь, осуществляется при помощи поставляемого ИП ГеоПро и LandViser LLC комплекта кабелей для ВЭЗ. Эти комплекты могут быть рассчитаны как на приповерхностные (до 7 м), так и на глубинные измерения (до 30 м), процедура измерений в обоих случаях одинакова. Удобнее всего проводить измерения с двумя помощниками. Вы можете скачать шаблон для записи результатов с нашего сайта: <https://landviser.com/1d-vertical-electrical-sounding/> - также он поставляется вместе с прибором на CD или USB-носителе.



$$[M1N1] = 2.0 \text{ м}$$

$$[M2N2] = 1.0 \text{ м}$$

1. Установите центральную точку для профиля ВЭЗ – на рисунке это центр между точками заземления электродов M2 и N2. Здесь располагается оператор с прибором LandMapper, который осуществляет проведение измерений.
2. Два помощника оператора разматывают красные провода с нанесенными на них метками в обе стороны от оператора по прямой линии, заземляя электроды возле меток 14 м (в точках A1 и B1).
3. Оператор заземляет измеряющие электроды в точках M1 и N1 так, что полуразнос MN/2 составляет 1,0 м, ориентируясь по зеленой метке на черных проводах. Черные провода присоединяются к гнездам MN прибора.
4. Красные провода подсоединяются к гнездам AB прибора.
5. Производится первое измерение удельного электрического сопротивления (ER) при  $K_0=1$  и расстоянием AB=14 м.
6. Помощники извлекают электроды AB из почвы и вновь заземляют их возле меток 12 м с каждой из двух сторон от центральной точки. Измерение повторяется.

7. Электроды АВ вновь перемещаются к следующим меткам, пока полуразнос АВ/2 не станет равным 6,0 м.
8. Оператор переставляет электроды MN к зеленой метке на черных проводах с обозначением 0,5 м, а его помощники устанавливают электроды АВ на расстоянии 5,0 м от центральной точки.
9. Измерения продолжаются до достижения АВ/2=1,0 м.
10. Результаты измерения сопротивления могут быть сохранены в памяти прибора, записаны на бумаге или сразу в таблице Excel на ноутбуке.
11. Значения ER необходимо умножить на коэффициенты К, соответствующие полуразносам, при которых они получены.

**Примечание:** если величины ER слишком малы, переключите прибор на К=10 или даже К=100 (99,99), но не забудьте отметить в таблице, какой К использовался при измерениях. В таком случае на втором листе Excel шаблона отобразятся корректные значения удельного электрического сопротивления и приблизительный профиль ВЭЗ. Для получения точной информации о распределении электрического сопротивления по реальным глубинам необходимо пользоваться специальной программой интерпретации данных ВЭЗ, которую можно скачать на нашем сайте или найти на поставляемом с прибором CD или USB-носителе.

**Таблица для внесения исходных данных**

| Расстояния<br>АВ<br>м | MN<br>м | Измерения из глубины к поверхности |         |              |                |       |      |      |      |
|-----------------------|---------|------------------------------------|---------|--------------|----------------|-------|------|------|------|
|                       |         | #                                  | АВ/2, м | К<br>прибора | К<br>пересчета | ER-1  | ER-2 | ER-3 | ER-4 |
| [A1B1] = 28           | 2.0     | 1                                  | 14.0    | K0=1         | 1              | 10.41 |      |      |      |
| [A2B2] = 24           | 2.0     | 2                                  | 12.0    | K0=1         | 1              | 27.47 |      |      |      |
| [A3B3] = 20           | 2.0     | 3                                  | 10.0    | K0=1         | 1              | 102.8 |      |      |      |
| [A4B4] = 18           | 2.0     | 4                                  | 9.0     | K0=1         | 1              | 15.75 |      |      |      |
| [A5B5] = 16           | 2.0     | 5                                  | 8.0     | K0=1         | 1              | 13.49 |      |      |      |
| [A6B6] = 14           | 2.0     | 6                                  | 7.0     | K0=1         | 1              | 10.26 |      |      |      |
| [A7B7] = 12           | 2.0     | 7                                  | 6.0     | K0=1         | 1              | 21.28 |      |      |      |
| [A8B8] = 10           | 1.0     | 8                                  | 5.0     | K0=1         | 1              | 30.07 |      |      |      |
| [A9B9] = 9            | 1.0     | 9                                  | 4.5     | K0=1         | 1              | 12.29 |      |      |      |
| [A10B10] = 8          | 1.0     | 10                                 | 4.0     | K0=1         | 1              | 13.73 |      |      |      |
| [A11B11] = 7          | 1.0     | 11                                 | 3.5     | K0=1         | 1              | 15.37 |      |      |      |
| [A12B12] = 6          | 1.0     | 12                                 | 3.0     | K0=1         | 1              | 62.18 |      |      |      |
| [A13B13] = 5          | 1.0     | 13                                 | 2.5     | K0=1         | 1              | 16.02 |      |      |      |
| [A14B14] = 4          | 1.0     | 14                                 | 2.0     | K0=1         | 1              | 26.04 |      |      |      |
| [A15B15] = 3          | 1.0     | 15                                 | 1.5     | K0=1         | 1              | 18.18 |      |      |      |
| [A16B16] = 2          | 1.0     | 16                                 | 1.0     | K0=1         | 1              | 18.18 |      |      |      |

**Таблица для отображения пересчитанных значений**

| Расстояния АВ<br>м | MN<br>м | Измерения от глубины к поверхности |         |            |                  | Recalculate ER for VES interpretation |      |      |      |
|--------------------|---------|------------------------------------|---------|------------|------------------|---------------------------------------|------|------|------|
|                    |         | #                                  | AB/2, м | С учетом К | Использованный К | ER-1                                  | ER-2 | ER-3 | ER-4 |
| [A1B1] = 28        | 2.0     | 1                                  | 14.0    | 306.3      | 1                | 3188.6                                |      |      |      |
| [A2B2] = 24        | 2.0     | 2                                  | 12.0    | 224.6      | 1                | 6170.4                                |      |      |      |
| [A3B3] = 20        | 2.0     | 3                                  | 10.0    | 155.5      | 1                | 15986                                 |      |      |      |
| [A4B4] = 18        | 2.0     | 4                                  | 9.0     | 125.7      | 1                | 1979.2                                |      |      |      |
| [A5B5] = 16        | 2.0     | 5                                  | 8.0     | 99.0       | 1                | 1335                                  |      |      |      |
| [A6B6] = 14        | 2.0     | 6                                  | 7.0     | 75.4       | 1                | 773.59                                |      |      |      |
| [A7B7] = 12        | 2.0     | 7                                  | 6.0     | 55.0       | 1                | 1169.9                                |      |      |      |
| [A8B8] = 10        | 1.0     | 8                                  | 5.0     | 77.8       | 1                | 2338.1                                |      |      |      |
| [A9B9] = 9         | 1.0     | 9                                  | 4.5     | 62.8       | 1                | 772.21                                |      |      |      |
| [A10B10] = 8       | 1.0     | 10                                 | 4.0     | 49.5       | 1                | 679.36                                |      |      |      |
| [A11B11] = 7       | 1.0     | 11                                 | 3.5     | 37.7       | 1                | 579.44                                |      |      |      |
| [A12B12] = 6       | 1.0     | 12                                 | 3.0     | 27.5       | 1                | 1709.3                                |      |      |      |
| [A13B13] = 5       | 1.0     | 13                                 | 2.5     | 18.8       | 1                | 301.97                                |      |      |      |
| [A14B14] = 4       | 1.0     | 14                                 | 2.0     | 11.8       | 1                | 306.78                                |      |      |      |
| [A15B15] = 3       | 1.0     | 15                                 | 1.5     | 6.3        | 1                | 114.23                                |      |      |      |
| [A16B16] = 2       | 1.0     | 16                                 | 1.0     | 2.4        | 1                | 42.836                                |      |      |      |

Используя для хранения результатов память прибора, необходимо записать номер ячейки, с которой начинается новый профиль ВЭЗ. Номер коэффициента К, который используется при измерении, также будет записан в памяти. Значения коэффициента хранятся отдельно. Они не обнуляются при очистке памяти прибора, но не следует их менять до этапа обработки данных полевых измерений – это может привести к неверным расчетам сопротивлений.

**Рекомендуется**, если Вы планируете записывать измерения в память прибора, **перед** выездом в поле переносить все полученные ранее данные на компьютер, очищать память устройства и синхронизировать часы с компьютерными часами. Это поможет избежать ошибочного приписывания полученных ранее старых значений, оставшихся в памяти, новому объекту исследований.

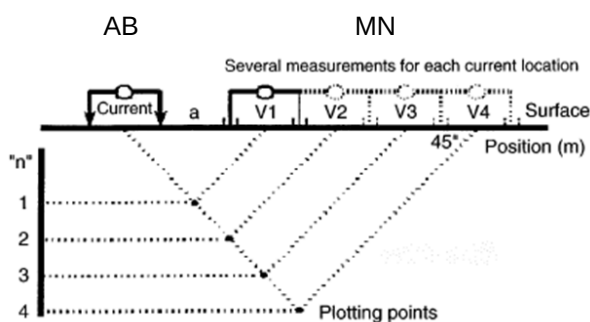
## 2D диполь-дипольная электрическая томография с использованием LandMapper

При помощи LandMapper можно также получить двухмерную картину распределения величин удельного электрического сопротивления в сечении исследуемой толщи почвы или геологических напластований. Набор кабелей и электродов для этого можно как заказать у ИП ГеоПро и LandViser LLC, так и собрать самостоятельно. Нами поставляется два варианта наборов для 2D исследований:

1. Портативный набор для приповерхностных (до 2 м) исследований, состоящий из двух Т-образных измерительных установок (AB и MN диполей), схожих с пробой для почвенного картирования. Размер диполей установлен в 1 м с возможным разделением и разнесением диполей на длину проводов не более чем на 5 м ( $n=5$ ).

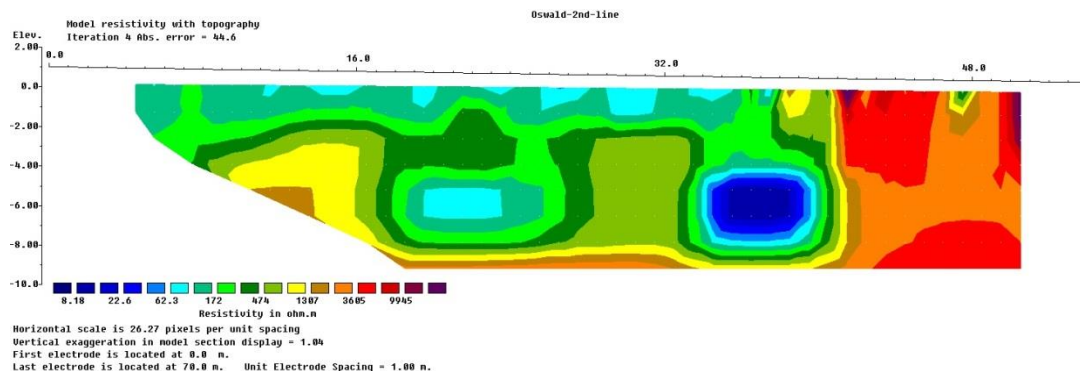
2. Стационарный набор для измерений на глубину до 14 м, для которого необходимо предварительное заземление электродов в поверхность почвы на расстоянии 1 м. Электроды представляют собой простые металлические штыри или гвозди, могут быть куплены, например, в строительном магазине и не поставляются ИП ГеоПро и LandViser LLC. В набор входит комплект проводов со штекерами для соединения с прибором и зажимами для соединения с электродами.

Принципы измерения с обоими наборами похожи и могут быть проиллюстрированы изображением ниже. Вы также можете ознакомиться с видеопроинструкцией на нашем канале на YouTube - **LandviserLLC**



Полная схема диполь-дипольного метода измерений поставляется в виде таблицы Excel, которую можно найти на CD или USB-носителе, поставляемом с прибором. Этот файл также может быть загружен с нашего сайта: <https://landviser.com/2d-dipole-dipole-electrical-tomography/>. Далее дается детальный протокол получения детального (разрешение около 0,5 м) сечения грунта на глубину до 14 метров и 50 метров в длину, хотя профиль может быть продлен при продолжении измерений вправо и далее до бесконечности, как показано в таблице. Изменение глубины и разрешающей способности может быть достигнуто модификацией данного протокола. LandViser LLC оказывает услуги по разработке и протоколов диполь-дипольной электрической томографии для решения конкретных задач ([info@landviser.net](mailto:info@landviser.net)). Данный протокол создан с учетом того, что все результаты могут быть записаны в памяти прибора (1000 ячеек), скопированы на персональный компьютер, обработаны при помощи шаблона-таблицы Excel и перезаписаны для интерпретации и визуализации при помощи программного пакета RES2DINV (с демо версиями данных программ можно ознакомиться по ссылке <https://landviser.com/install-res2dinv-res3dinv-ekey/>). Протокол протестирован несколькими группами археологов и в большинстве случаев позволил обнаружить относительно крупные захоронения, а также полости и не глубоко залегающие пещеры. Метод может помочь также в выявлении областей с очень низким

сопротивлением, например, металлические объекты прямоугольной формы как на рисунке ниже.



## Полевые процедуры

Заземлите электроды (гвозди) вдоль прямой линии на расстоянии 1,0 м друг от друга. Проведите серию измерений, при которой электроды АВ будут постоянно находиться в начале линии, а MN перемещаться вдоль нее, удаляясь от начала для достижения больших глубин.

Примем размер диполя (расстояния между электродами АВ или MN) за  $a$ , и во время измерений будем перемещать диполь MN все дальше вправо от диполя АВ последовательно  $n$  раз. В данном случае у нас будет три уровня измерений для разных размеров самих диполей:

Уровень 1: АВ=МN= 1 м (при измерениях используются все электроды)

Уровень 2: АВ=МN= 3 м (достигается пропуском некоторых электродов)

Уровень 3: АВ=МN= 6 м (достигается пропуском некоторых электродов)

### Уровень 1

Электроды пронумерованы слева направо начиная с нуля. Для первого измерения соедините электроды №0 и №1 зажимами на красных проводах и подсоедините штекеры к гнездам АВ прибора LandMapper. Затем так же соедините электроды №2 и №3 к гнездам MN прибора, используя черные провода. Произведите первое измерение электрического сопротивления (ER). Для следующих измерений, условные позиции которых обозначены на рисунке ниже как диагональ из единиц, соедините черными проводами электроды №3 и №4 с гнездами MN прибора и так далее.

**Примечание:** поскольку электроды М и N равнозначны, для ускорения процесса можно перенести для следующего измерения зажим с электрода №2 на электрод №4, оставив зажим на электроде №3 неподвижным – а для следующего измерения уже перенести зажим с электрода №3 на электрод №5 и так далее. На результатах измерений это не отразится.

| Electrode layout pseudo-section                  |                      |     |     |     |     |   |   |   |    |    |    |    |  |
|--------------------------------------------------|----------------------|-----|-----|-----|-----|---|---|---|----|----|----|----|--|
| Electrode X coordinate                           | 0↔1                  | 2↔3 | 4   | 5   | 6   | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |    |  |
| level 1 (dipole of 1 m, step 1 m)                |                      | 1 2 | 3   | 4   | 5   | 6 | 7 | 8 | 9  | 10 | 11 | 12 |  |
| AB electrodes @ (0,1)                            |                      | 1 2 | 3   | 4   | 5   | 6 | 7 | 8 | 9  | 10 | 11 |    |  |
| MN (2,3), (3,4), (4,5), (5,6), (6,7), (7,8)      |                      |     | 1 2 | 3   | 4   | 5 | 6 | 7 | 8  | 9  | 10 | 11 |  |
| move AB @ (1,2) - second 6 measurements          | first 6 measurements |     | 1 2 | 3   | 4   | 5 | 6 | 7 | 8  | 9  | 10 |    |  |
| MN (3,4), (4,5), (5,6), (6,7), (7,8), (8,9)      |                      |     |     | 1 2 | 3   | 4 | 5 | 6 | 7  | 8  | 9  | 10 |  |
| and so forth for 28*6=168 measurements @ level 1 |                      |     |     |     | 1 2 | 3 | 4 | 5 | 6  | 7  | 8  | 9  |  |

В любой из комбинаций расстояние между электродами А и N не должно превышать  $7a$ , чтобы сохранять хорошее соотношение сигнала к шумам в системе. Поэтому после шести перемещений диполя MN подключите АВ к электродам №1 и №2, после чего

вновь проделайте шесть измерений, перемещая электроды MN вправо, начиная от электродов №3 и №4. Условные позиции этих измерений маркированы диагональю из двоек. 28 циклов из 6 измерений в каждом составляют вместе первый уровень, который покрывает приблизительно 2,5 м глубины.

## Уровень 2

Для анализа более глубоких слоев мы увеличиваем размер диполя  $a$  до  $AB=MN=3$  м. Соедините красные провода АВ с электродами №0 и №3, а черные провода MN с электродами №6 и №9. Как и на уровне 1, перемещайте электроды MN с шагом 1 метр (на соседние электроды), двигаясь вправо. Затем переместите электроды АВ на позиции №1 и №4 и так далее. На рисунке ниже условные позиции измерений уровня 2 обозначены зелеными номерами начиная с 29.

|                                                                                                      |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Electrode X coordinate                                                                               | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |    |
| level 1 (dipole of 1 m, step 1 m)                                                                    |   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |    |
|                                                                                                      |   |   |   |   |   | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 |
|                                                                                                      |   |   |   |   |   | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 |
| level 2 (dipole of 3 m, step 1 m)                                                                    |   |   |   |   |   | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 |
| AB electrodes @ (0,3)                                                                                |   |   |   |   |   | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 |
| MN (6,9), (7,10), (8,11), (9,12), (10,13), (11,14), (12, 15), (13, 16), (14, 17), (15,18), (16,19)   |   |   |   |   |   | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 |
| 11 measurements #29                                                                                  |   |   |   |   |   | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 |
| move AB @ (1,4) - second 11 measurements                                                             |   |   |   |   |   | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 |
| MN (7,10), (8,11), (9,12), (10,13), (11,14), (12, 15), (13, 16), (14, 17), (15,18), (16,19), (17,20) |   |   |   |   |   | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 |
| and so forth for 28*11=308 measurements @ level 2                                                    |   |   |   |   |   | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 |

## Уровень 3

Вновь увеличиваем размер диполя  $a$  до  $AB=MN=6$  м. Для этого соедините красные провода АВ с электродами №0 и №6, а черные провода MN с электродами №18 и №24. Прделайте манипуляции аналогичные уровням 1 и 2, циклично сдвигая электроды на 1 м вправо. На рисунке ниже условные позиции измерений уровня 3 обозначены красными номерами начиная с 57.

|                                                                                                                                                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Electrode X coordinate                                                                                                                                              | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| level 1 (dipole of 1 m, step 1 m)                                                                                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| level 2 (dipole of 3 m, step 1 m)                                                                                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| level 3 (dipole of 6 m, step 1 m)                                                                                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| AB electrodes @ (0,6)                                                                                                                                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| MN (18,24); (19,25); (20,26); (21,27); (22,28); (23,29); (24,30); (25,31); (26,32); (27,33); (28,34); (29,35); (30,36); (31,37); (32,38); (33,39); (34,40); (35,41) |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 18 measurements #57                                                                                                                                                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| move AB @ (1,7) - second 18 measurements                                                                                                                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| MN (19,25); (20,26); (21,27); (22,28); (23,29); (24,30); (25,31); (26,32); (27,33); (28,34); (29,35); (30,36); (31,37); (32,38); (33,39); (34,40); (35,41); (36,42) |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| and so forth for 30*18=540 measurements @ level 3                                                                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Total measurements for layout:                                                                                                                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|                                                                                                                                                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| take measurements, download to laptop, clean LandMapper memory and start new layout                                                                                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| you can continue the same layout to the right as shown in purple, or start another line.                                                                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

После завершения всех измерений, перечисленных в шаблоне-таблице Excel, для уровней 1, 2 и 3, Вы будете иметь в памяти LandMapper 980 заполненных ячеек, что практически полностью занимает всю ее емкость. Передайте данные на компьютер и вставьте их в первые три колонки листа **ERM-data\_in**. Удостоверьтесь, что значения сопротивлений соответствуют комбинациям электродов, указанным в следующих четырех колонках. Если Вы проделали несколько измерений для одной комбинации или пропустили часть измерений, продублируйте или удалите соответствующие ячейки.



| From LandMapper |      | A | B | M | N | K     |
|-----------------|------|---|---|---|---|-------|
| 0 K0=           | 3.73 | 0 | 1 | 2 | 3 | 18.84 |
| 1 K0=           | 0.88 | 0 | 1 | 3 | 4 | 75.36 |
| 2 K0=           | 0.68 | 0 | 1 | 4 | 5 | 188.4 |

Формулы в таблице автоматически пересчитают соответствующие комбинациям электродов геометрические коэффициенты К и значения сопротивления, заполнив данными последние четыре колонки, которые следует скопировать на последний лист **RES2DINV\_data**. Но прежде чем Вы это сделаете, проведите анализ минимумов и максимумов для листа **ERM-data**, чтобы избавиться от опечаток (нулевого сопротивления) или очень высоких значений, обычно связанных с плохим заземлением электродов.

| Copy "data-only" to the RES2DINV-file |      |         |       |
|---------------------------------------|------|---------|-------|
| 1st_el                                | a    | n       | ER_a  |
| 0.00                                  | 1.00 | 1.00000 | 70.27 |
| 0.00                                  | 1.00 | 2.00000 | 66.32 |

Описание формата данных для программы RES2DINV и другую дополнительную информацию можно получить по ссылке:

- Формат входных данных для массива – <https://landviser.com/install-res2dinv-res3dinv-ekey/>
- Запуск моделирования инверсии удельного сопротивления в программе RES2DINV

После передачи данных в шаблон-таблицу Excel выполните очистку памяти прибора. Теперь Вы можете изучить новый профиль или продолжить уже начатый в правом направлении без каких-либо ограничений, см. для этого инструкцию в шаблоне-таблице.

## ***Программное обеспечение***

В комплекте с прибором предоставляется компьютерная программа «скачки» данных в персональный компьютер для их последующей обработки и интерпретации.

Также предоставляются бесплатные программы интерпретации 1D ВЭЗ (iVEZ и RES1DINV) и демо версии программ для 2D и 3D томографии (RES2DINV и RES3DINV). Полные лицензионные профессиональные версии программ для 2D и 3D томографии (разработаны фирмой GeoTOMO Software) возможно приобрести через Landviser, LLC или ИП «Гео-Про».