

4. Аникиев К.А. Геодинамическая теория сверхвысокой пластовой энергии разбураиваемых нефтегазоносных недр Земли. – М.: изд-во Наука, 1980.
5. Бронгулеев В.В. Мелкая складчатость платформы //Материал к познанию геологического строения СССР. Новая серия. – М.: изд-во МОИП, 1951. – Вып.14.
6. Комплексные геофизические исследования Сасовского феномена 1991-1993 гг. в центральной части Восточно-Европейской платформы /В.Н. Волков, Ю.П. Сквородкин, Е.В. Барковский, Т.В. Гусева, Л.А. Латынина, В.П. Рудаков //Недра Поволжья и Прикаспия. – 1996. – Вып. 13 спец.
7. Кротова В.А. Волго-Уральская область. Гидрогеология //Труды ВНИГРИ (Всесоюз. науч.-исслед. геологоразведочного нефт. инс-та). – 1956. – Вып.94.
8. Тектоника и нефтегазоносность востока Русской платформы /Л.Н. Розанов, Р.Б. Сейфуль-Мулюков, Л.Э. Левин, Г.Б. Сальман – М.: Недра, 1956.
9. Москвитин А.И. Четвертичные отложения и история формирования долины р. Волги в ее среднем течении //Труды геологического института. – М.: изд-во АН СССР, 1958. – Вып. 12.
10. Розанов Л.Н. Древняя долина р. Волги-Камы (по данным геофизических исследований) //Новости нефтяной техники. Сер. геолог. – 1949. – №3.
11. Порфирьев В.Б. Геологические аспекты проблемы миграции углеводородных флюидов верхней мантии. – М.: Наука, 1976.

УДК 550.3:622.691.4 (470.4)

## ЭКОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ ТРАСС ТРУБОПРОВОДОВ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

© 2014 г. О.Д. Смилевец, А.К. Шардаков

Саратовский государственный технический университет

На протяжении полевых сезонов 2000-2005 гг. было проведено детальное обследование трасс газопроводов правобережной части Нижнего Поволжья на территории Саратовской и Волгоградской областей.

Основные задачи геофизических изысканий по обследованию состояния комплексной защиты от почвенно-грунтовой коррозии трубопроводов (литологическое расчленение верхней 5-10-ти метровой толщи по площади и глубине, определение залегания кровли опорного горизонта, мощности покровных отложений, измерение удельного электрического сопротивления грунтов) могут быть решены с помощью электрических методов разведки [1].

Электроразведочные работы включали в себя:

- 1) Вертикальное электрическое зондирование ( $VЭЗ AB/2 = 325 м$ );
- 2) Крестовые ВЭЗ (КВЭЗ);
- 3) Микроэлектрические зондирования (МКВЭЗ,  $AB/2 < 50 м$ ).

Отличаясь большой детальностью, геофизические методы позволяют, используя данные небольшого количества опытных наблюдений в скважинах, оценить указанные инженерно-геологические параметры на всей площади. Проведение геофизических исследований целесообразно в районах с резкой литологией и сложным строением верхней части разреза; экстраполи-

ровать данные редкой сети бурения на всю изучаемую площадь нельзя.

Большое количество полевых замеров удельного электрического сопротивления грунтов (УЭС), накопленных в результате геофизических исследований на трассах трубопроводов, дало возможность систематизировать и обобщить значение УЭС для грунтов, наиболее характерных для районов Нижнего Поволжья. К таким грунтам относятся суглинки, известняки, пески, супеси, опоки [2].

Для примера приводим гистограммы (вариационные кривые) по данным грунтам (рис.1, 2). График характеризует процентное отношение известняков с различными величинами УЭС для данного количества измерений (N). По нему можно определить наиболее характерную величину УЭС для рассматриваемого грунта. В нашем примере основная масса известняков имеет электрическое сопротивление в интервале 28-55 Ом×м. Известняки с сопротивлением 28-35 Ом×м относятся к выветренным, сильнотрещиноватым, трещины и пустоты в которых заполнены глиной и продуктами

выветривания низкого удельного сопротивления.

Несимметричность графиков и наличие растянутой почти параллельной оси абсцисс ветви говорит о наличии некоторого количества известняков с иными, более высокими значениями УЭС, вероятнее всего, более плотных, не подверженных выветриванию и иным природным воздействиям.

Наличие буровых скважин на всех участках работ позволило выявить связи электрических сопротивлений с литологией пород во многих точках измерений. Некоторые данные по литологическому составу и соответствующим сопротивлениям представлены в таблице 1.

Из таблицы видно, что породы, слагающие изучаемый разрез района работ, достаточно четко дифференцируются по сопротивлениям в зависимости от их дисперсности.

В полевых условиях приходится сталкиваться с чрезвычайной пестротой значений сопротивления, вариации которых не находят объяснений с единых позиций. Для избежания ошибок в интерпретации необходимо значение величин сопротивлений пород рассматривать в тесной связи с видом кривых ВЭЗ, "осложнениями" на ней и данными ландшафтно-индикационной съемки.

Формы кривых ВЭЗ, несмотря на их разнообразие, могут являться важным квалификационным признаком при районировании по геоэлектрическим условиям. Для этого был проведен статистический анализ формы кривых ВЭЗ за последние четыре года полевых исследований.

Можно считать, что для подавляющего большинства кривых ВЭЗ,

Таблица 1

**Сопоставление литологических данных и электрических сопротивлений пород**

Название пород	Удельное электрическое сопротивление (Ом×м)
известняк	30-55, реже 60-70
опока	19-34
суглинок со щебнем	27-35
суглинок	11-22,5
глина со щебнем	10-20
глина	5-10
песок	40-60
песок со щебнем	60-80

ГЕОФИЗИКА

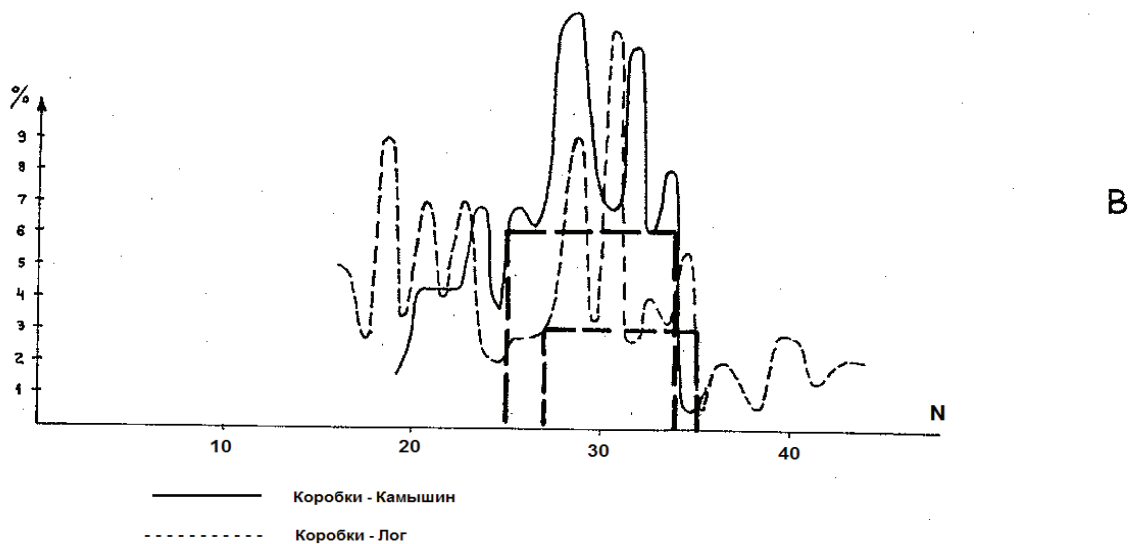
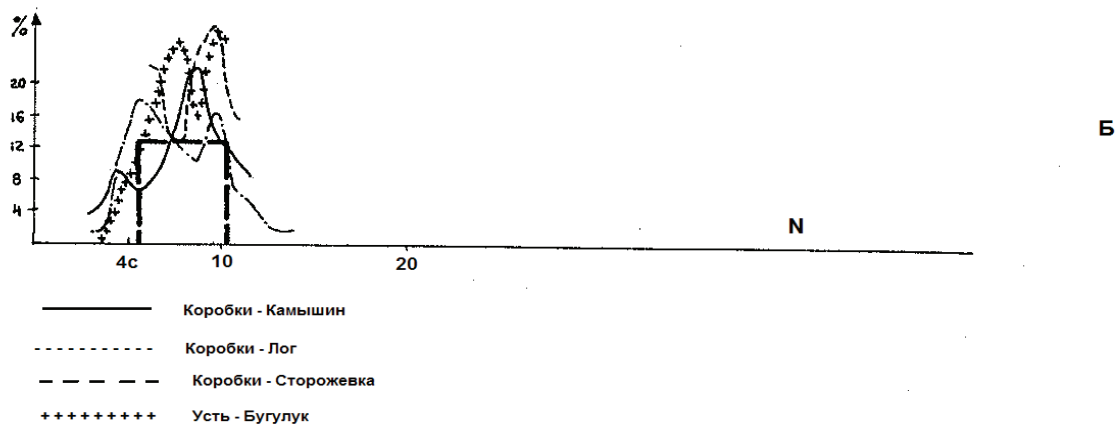
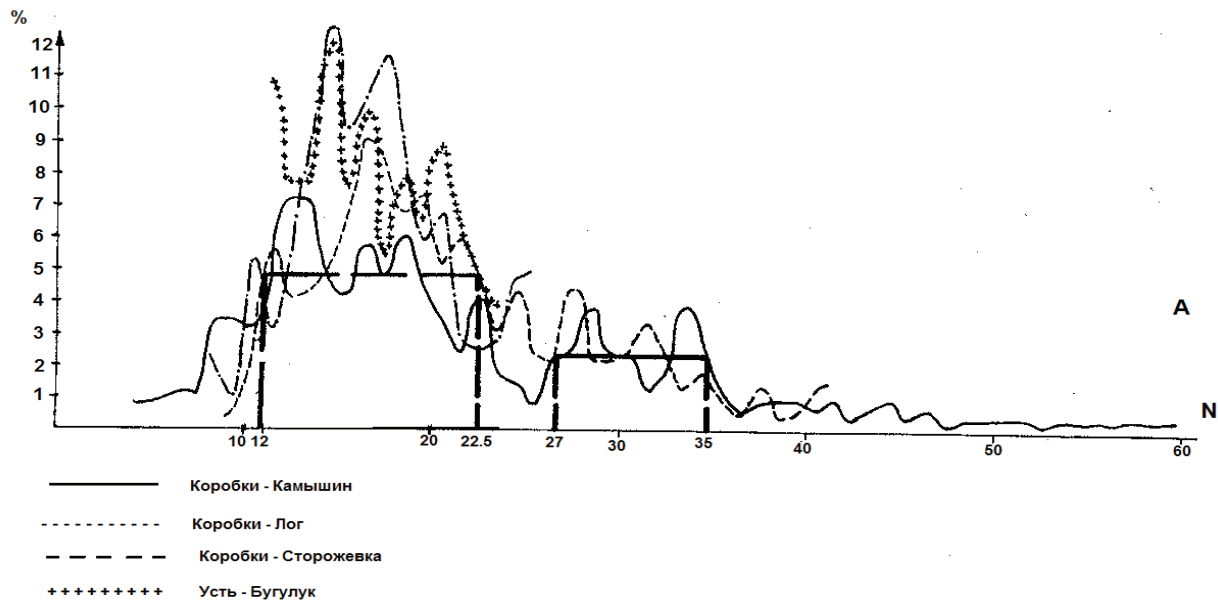
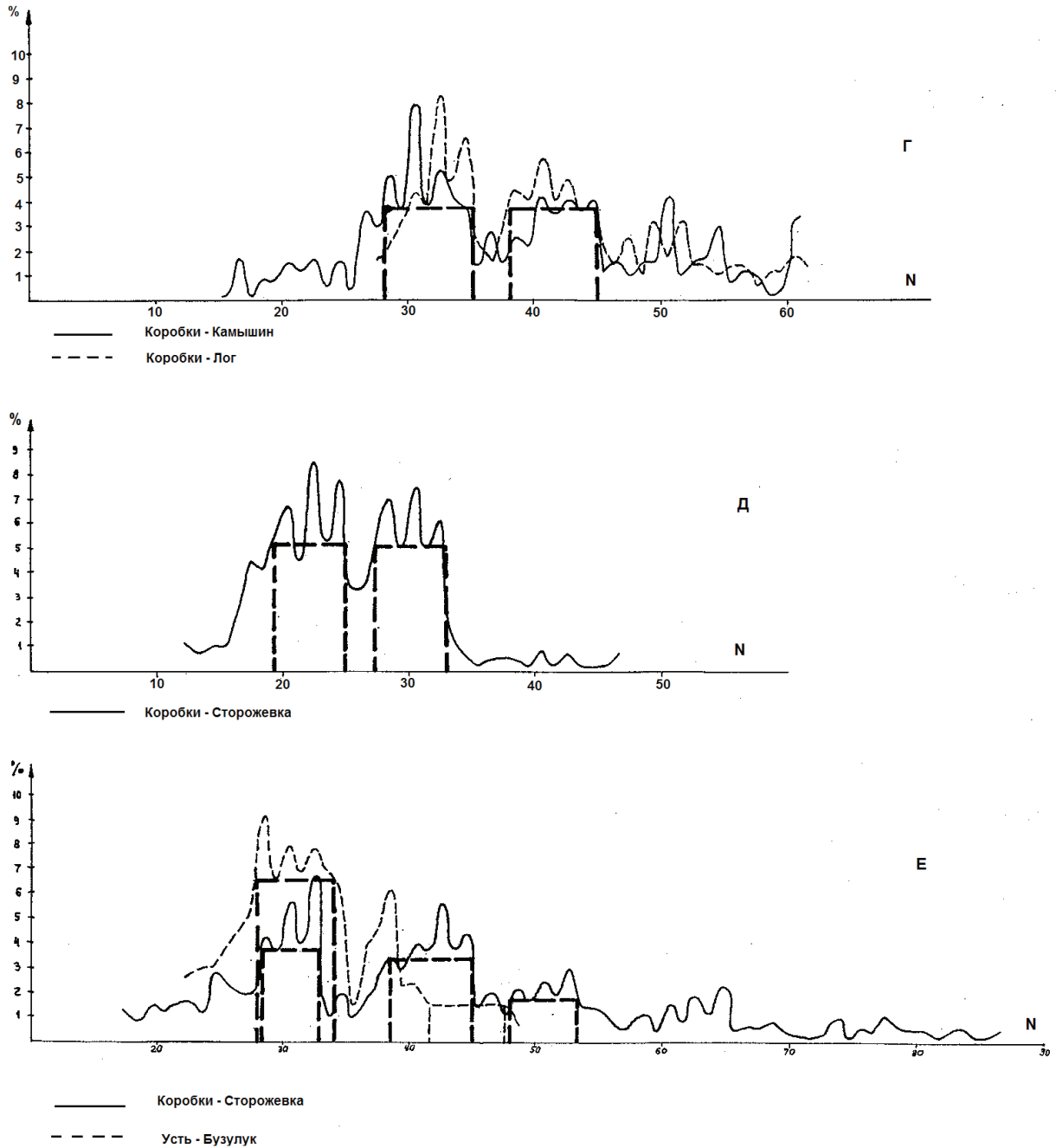


Рис.1. Вариационные кривые  $\rho_{уд}$  для грунтов Волгоградского и Саратовского Поволжья  
 А – суглинки, Б – глины, В – супесь

## ГЕОФИЗИКА



**Рис.2. Вариационные кривые  $\rho_{уд}$  для грунтов Волгоградского и Саратовского Поволжья**  
 Г – песок, Д – опока, Е – известняк

полученных на участке развития плотных мергелей, характерным является наличие участков типа "А", "К" и "КН". С увеличением мощности плотных мергелей на кривой "АК" участок "А" становится более явным.

Крутой (часто около  $45^\circ$ ) наклон начальной ветви кривой ВЭЗ свидетельствует обычно о присутствии неглубоко залегающих пород с высоким сопротивлением в верхней части (мергели, пески) и наклонной границе их кровли.

Таблица 2

Типы кривых ВЭЗ для районов Нижнего Поволжья и их литологическая характеристика

№ пп	Форма кривых ВЭЗ	Краткая характеристика особенностей кривых ВЭЗ	Характеристика литологических условий	Примечание
1		<p>Кривые типа "НК" с частыми осложнениями в начальной части кривой (типа "НА")</p> <p><math>\rho_{k \text{ нач}} = 10-12 \text{ Ом}\times\text{м}</math></p> <p><math>\rho_{k \text{ max}} = 40-70 \text{ Ом}\times\text{м}</math></p>	<p>Суглинки в верхней части, сменяющиеся по разрезу плотными мергелями, мелом</p>	<p>Осложнения в верхней части разреза вызваны наличием грунтовых вод на различных уровнях, наличием наклонных границ раздела, неровной толщиной покровных отложений и промерзанием ВЧР в холодное время года</p>
2		<p>Кривые типа "КНК" с частыми осложнениями на кривой</p> <p><math>\rho_{k \text{ нач}} = 40-60 \text{ Ом}\times\text{м}</math></p> <p><math>\rho_{k \text{ max}} = 20 \text{ Ом}\times\text{м}</math></p>	<p>Суглинки и рыхлые мергели, сменяющиеся по разрезу плотным мергелем и мелом</p>	
3		<p>Кривые типа Q (QНК, QНА – осложнения)</p> <p><math>\rho_{k \text{ нач}} = 45-60 \text{ Ом}\times\text{м}</math></p> <p><math>\rho_{k \text{ max}} = 10-15 \text{ Ом}\times\text{м}</math></p>	<p>Песчано-глинистые толщи большой мощности</p>	
4		<p>Кривые типа Н с частыми осложнениями в начальной части кривой</p> <p><math>\rho_{k \text{ нач}} = 40-60 \text{ Ом}\times\text{м}</math></p> <p><math>\rho_{k \text{ max}} = 15-20 \text{ Ом}\times\text{м}</math></p>	<p>Песчано-глинистые толщи, сменяющиеся глинами и ниже по разрезу глинистым мергелем</p>	

Кривые типа "К" наблюдаются в том случае, когда в грунтах содержится большое количество песка, прослоев мергеля, мела. Наиболее типичным для участков развития супесчано-глинистых отложений является наличие кривых ВЭЗ "Q" и "Н", отвечающих увеличению степени дисперсности пород с глубиной.

Следует отметить, что многие кривые ВЭЗ имеют осложнения в различных частях кривых, которые связаны с наклоном рельефа, наличием овражно-балочной системы, холмов, грунтовых вод, внутренними неоднородностями, промерзанием верхнего слоя, что крайне затрудняет интерпретацию кривых ВЭЗ, способствует появлению ложных пластов.

Комплекс программ по машинной интерпретации данных вертикального электрического зондирования предназначен для определения геоэлектрических параметров разреза, то есть удельных электрических сопротивлений слоев, их мощностей; для решения задач по проектированию анодных заземлений по полученным после геофизической интерпретации геоэлектрическим параметрам.

Построение разрезов кажущихся сопротивлений  $\rho_k$  заключается в следующем. На линии профиля в определенном масштабе наносим положение центров установок зондирования. Для каждого положения центра установки по вертикали (обычно в логарифмическом масштабе) откладываем величины полуразносов питающей линии, возле которых выписываем соответствующие величины наблюдений значений кажущегося сопротивления. В полученном поле чисел проводим линии равных зна-

чений кажущегося сопротивления (изоомы) с сечением, обеспечивающим наглядность изображения. Разрезы кажущихся сопротивлений показывают изменения эффективных удельных сопротивлений. По характеру проведения изоом в благоприятных условиях можно получить достаточно верное представление о геоэлектрическом разрезе, выделить локальные аномальные участки, охарактеризовать поведение геоэлектрических горизонтов. Помимо этого, на разрезах хорошо проявляются контакты, разломы, горсты, грабены и другие элементы тектоники.

Массивы исходных значений для построения карт накапливаются в памяти ПЭВМ в процессе предыдущих вычислений параметров для построения качественных разрезов по отдельным профилям. В результате последовательной обработки всех профилей формируются матрицы качественных параметров для заданных разносов карты.

При постановке вертикальных зондирований на участках газопроводов боковое влияние последних существенно искажает кривые ВЭЗ и приводит к ошибочным представлениям о строении разреза. Необходимо для конкретных типов разрезов с негоризонтальными границами раздела разработать способы учета этого влияния или, по крайней мере, определить пределы применимости метода ВЭЗ.

Наиболее полный набор теоретических кривых можно получить путем моделирования в электролитических средах. Ряд ценных выводов вытекает также из анализа материалов крестовых зондирований, выполненных в естественных условиях. К

недостаткам этого способа относятся отсутствие полной информации о строении разрезов, ограниченная возможность выбора идеальных разрезов со сравнительно однородным строением хорошо проводящих и плохо проводящих пород и неизбежное действие побочных неучтенных факторов.

Представляет определенный интерес изучение электрического потенциала над полостями, близкими к правильным геометрическим формам, а также изучение распределения проводимости индуцированных разрядов на проводящих стенках трубы газопровода.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Метод электроразведки постоянным током ВЭЗ позволяет производить литологическое расчленение разреза.
2. Типы кривых, несмотря на их разнообразие, являются важным классификационным признаком при районировании по геоэлектрическим условиям.
3. В процессе работ необходимо проведение качественной обработки материалов ВЭЗ, что позволит внести поправки в направление полевых исследований.
4. Необходимо накопление статистического материала об изменении величины  $\rho_{уд}$  пород по данным региона исследований.

#### Л и т е р а т у р а

1. Электроразведка: Справочник геофизика. – М.: Недра, 1980. – 515с.
2. Методическое руководство по инженерно-геологической съемке масштаба 1:200 000 (1:100000–1:500 000). – М.: Недра, 1978. – 388с.

