

УДК 550.372: 622.271.333

**Н.А. Смирнов, С.М. Простов**

**ДЕТАЛИЗАЦИЯ ИЗМЕНЕНИЙ СВОЙСТВ  
ПРИБОРТОВОГО МАССИВА УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА  
ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИМ МЕТОДОМ\***

*Приведены результаты детализации геологической структуры прибортового массива на угольном разрезе «Красный Брод» методами вертикального электрического зондирования и электропрофилирования. С использованием одномерной инверсии данных ВЭЗ, нелинейной зависимости УЭС и мощности первого слоя для двухслойного геоэлектрического разреза дан прогноз изменения мощности слоя суглинков и расположения границы влагонасыщенной зоны от прилегающего гидроотстойника.*

*Ключевые слова: вертикальное электрическое зондирование, электрическое профилирование, гидротехническое сооружение, разрез.*

**Семинар 3**

**Н**а угольном разрезе «Красный Брод» на намеченном к разработке Новосергеевском участке возникла необходимость детализации геологического строения и локализации аномальных по физическим свойствам зон прибортового массива. Особенность изучаемого массива состояла в большой мощности четвертичных отложений, изменяющейся от 7 до 31 м, а также в наличии в непосредственной близости к борту гидроотстойника, способствующего влагонасыщению прилегающих рыхлых отложений.

Инженерно-геологические изыскания были проведены Томским инженерно-строительным институтом. В пределах исследуемого участка расположены 33 и 34-ая разведочные линии, включающие 8 геологических скважин, пробуренных на расстоянии от 50 до 450 м. Толща четвертичных отложений представлена, в основном,

суглинками желтовато-бурых, темно- и светло-бурых разностей со слабыми следами ожелезнения и редкими карбонатными включениями. Глины отмечены в подчиненном количестве в виде маломощных прослоек и линз. Основные физико-механические свойства суглинков приведены в таблице.

Основная часть исследований состояла в доразведке приповерхностного слоя для определения объемов рыхлых отложений, намеченных к гидросмыву, уточнении расположения границы слоя суглинков с коренными породами, которая в большинстве случаев рассматривается как потенциальная поверхность скольжения, а также в диагностировании вертикальной границы зоны влагонасыщенных грунтов, прилегающих к гидротехническому сооружению.

Поскольку слой высокопористых и влажных суглинков, как правило, электрически контрастен по отношению

\*Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009—2013 гг.

**Физико-технические свойства суглинков**

Свойства	Диапазон /среднее
Объемный вес естественно-влажной породы, т/м <sup>3</sup>	$\frac{1,93-2,09}{1,99}$
Естественная влажность, %	$\frac{18,59-27,26}{19,89}$
Пористость, %	$\frac{34,34-38,49}{36,49}$
Степень влажности	$\frac{0,788-0,964}{0,898}$
Полная влагоемкость, %	$\frac{19,74-23,61}{21,81}$
Угол внутреннего трения пород с нарушенной структурой, градус	$\frac{17-21}{19}$
Сцепление с нарушенной структурой, МПа	$\frac{0,0175-0,0435}{0,0378}$

к нижележащему слою коренных пород, для достижения поставленной цели перспективен электрофизический метод, включающий вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ) и электропрофилирование (ЭП).

План опытного участка представлен на рис. 1. Для полевых измерений были намечены два профиля, перпендикулярных р. л. 33 и 34. Общая площадь обследованного участка составила 35 га.

Методика электрофизического мониторинга включала: ВЭЗ в точках профилей на пересечениях с р. л. 34; одномерную инверсию ВЭЗ и сопоставление геоэлектрического разреза с геологическими данными; ЭП с разносом между питающими электродами АВ, соответствующим расположению границы слоя суглинков; прогноз изменения мощности слоя четвертичных отложений по профилям по данным ЭП; установление границы зоны вла-

гонасыщения по отрицательным аномалиям на графиках ЭП.

Результаты ВЭЗ № 1, 2 и их инверсии приведены на рис. 2.

Невязка подбора теоретической кривой с экспериментальной составила около 6 %; разносы, соответствующие почвенному слою, не учитывались. Относительно высокую невязку можно объяснить влиянием на результаты измерений высокопроводящих глинистых включений, однако модифицированная схема установки с линейным шагом разносов позволила получить достаточно данных для адекватной интерпретации в рамках двухслойной модели геоэлектрического разреза. Из результатов ВЭЗ следует, что изучаемый массив может быть представлен в виде 2-слойного геоэлектрического разреза: слой 1 песчано-глинистых четвертичных отложений с удельным электрическим сопротивлением (УЭС)  $\rho_1 = 22-27$  Ом·м; слой 2 коренных пород с УЭС  $\rho_2 = 120-130$  Ом·м.

При ЭП разносы АВ следует подбирать так, чтобы глубина исследований была достаточной для обнаружения искомого объекта. Проанализировав результаты ВЭЗ, были приняты разносы  $AB_1 = 60$  м,  $AB_2 = 75$  м для профилей  $O_1x_1$ ,  $O_2x_2$  соответственно.

Результаты ЭП по профилям  $O_1x_1$  и  $O_2x_2$  приведены на рис. 5.

На основной части графиков ЭП  $\rho_k(x)$  изменение  $\rho_k$  обусловлено изменением мощности  $h$  первого слоя. Для прогноза изменения  $h$  использована зависимость

$$h(x) = h_0 \rho_{k0} \bar{\rho}_k^{-1}(x),$$

где  $h_0$  – значение  $h$ , соответствующее точке ВЭЗ на разведочной линии 34, м;  $\rho_{k0}$  – величина  $\rho_k$  в точке ВЭЗ, Ом·м;  $\bar{\rho}_k$  – усредненные с шагом  $\Delta x = 50$  м значения  $\rho_k$ , соответствующие координате  $x$ , Ом·м.

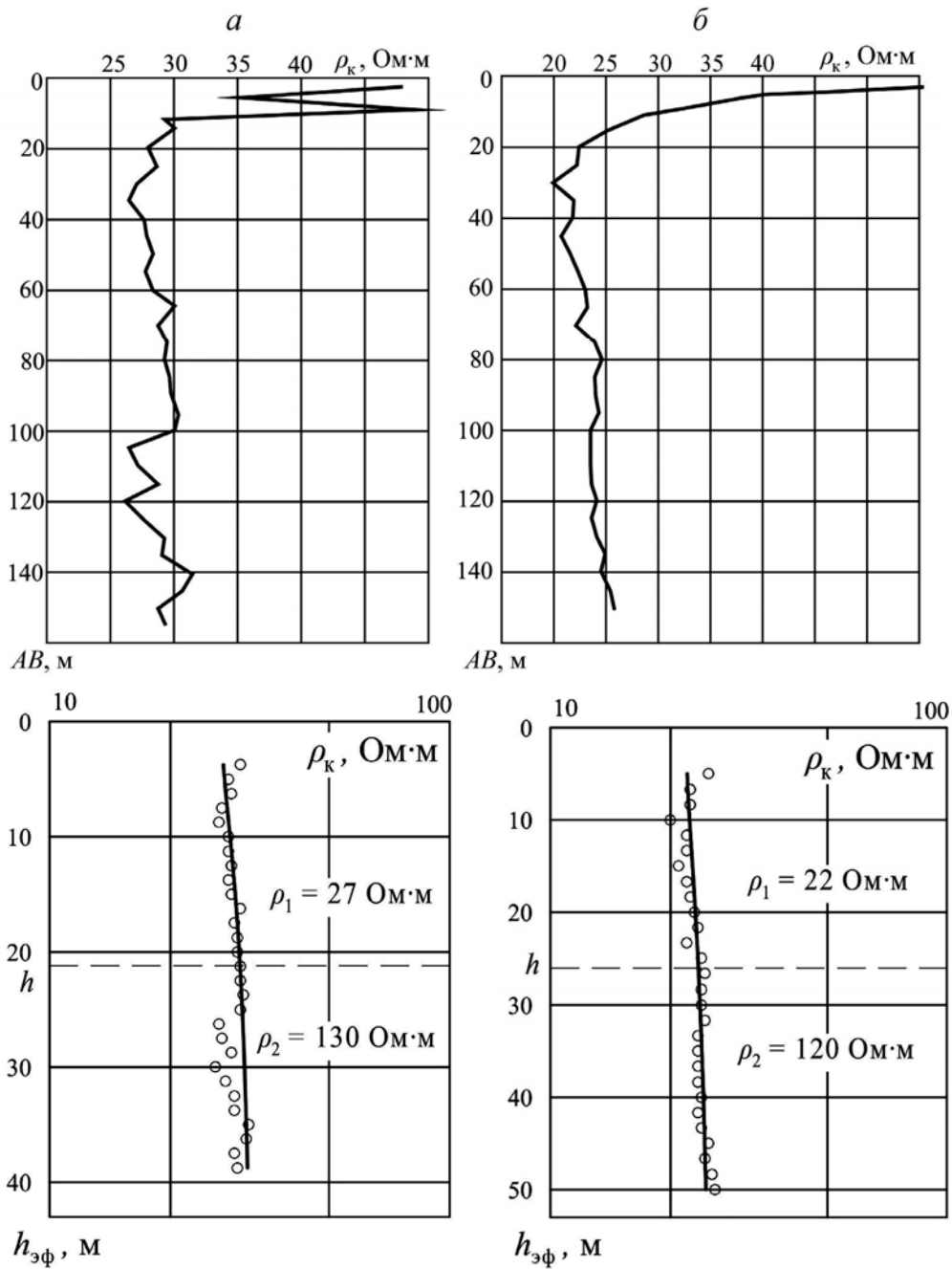


**Рис. 1. План опытного участка:**  $O_1X_1$ ,  $O_2X_2$  – профили ЭП;  $\circ$  – точки ВЭЗ;  $\bullet$  – геологические скважины;  $\square$  – зона влагонасыщения грунтов; 1 – гидроотстойник; 2 – граница влагонасыщенной зоны, определенная по результатам ЭП

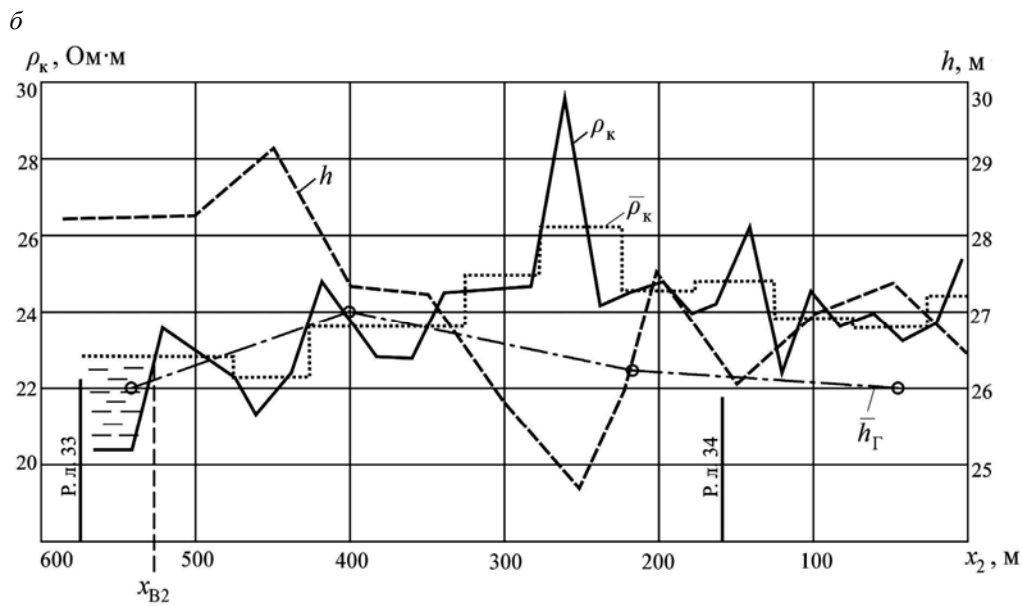
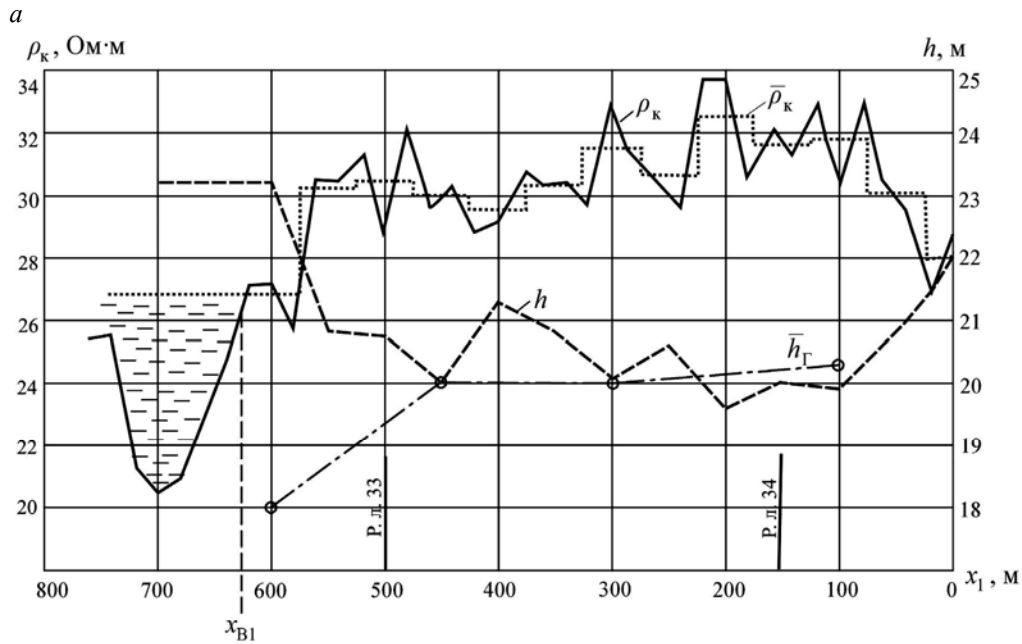
Анализ экспериментальных и расчетных данных показывает, что диапазоны изменения глубины слоя песчано-глинистых наносов составляют:  $h = 19,5\text{--}23,2$  м для профиля  $O_1X_1$  и  $h = 24,6\text{--}29,1$  м для профиля  $O_2X_2$ . В целом результаты электрофизического мониторинга согласуются с данными геологических изысканий, отображенными в виде графиков  $\bar{h}_t(x)$ . Резкое несоответствие в зоне влаго-

насыщения объясняется усложнением геоэлектрического разреза.

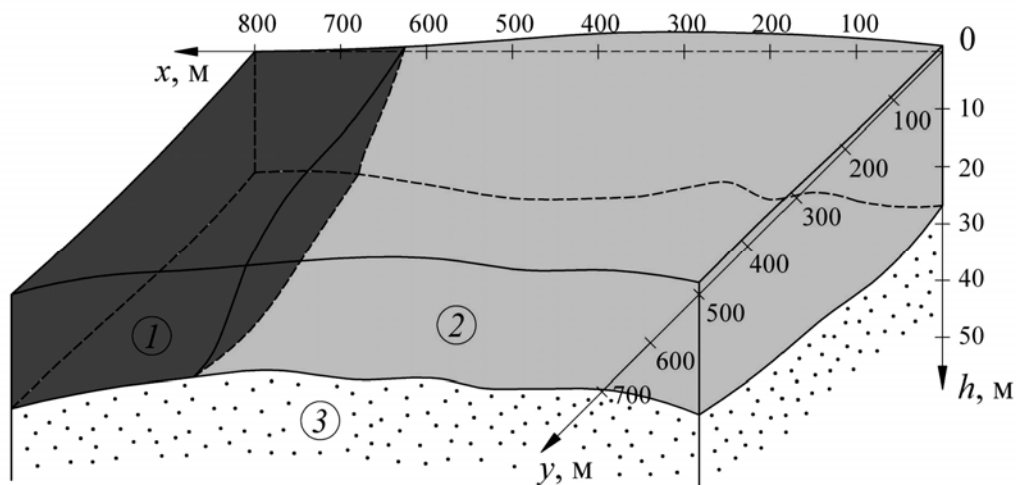
Во влагонасыщенных зонах, прилегающих к гидроотстойнику, величина  $\rho_k$  имеет anomalously низкие значения  $\rho_k < 27$  Ом·м для профиля  $O_1X_1$  и  $\rho_k < 22,8$  Ом·м для профиля  $O_2X_2$ . Координаты границ влагонасыщенной зоны  $x_{B1} = 625$  м и  $x_{B2} = 525$  м. Контуры зоны влагонасыщения грунтов нанесены на план опытного участка (см. рис. 1).



**Рис. 2. Результаты ВЭЗ и их инверсии в точках №1 (а) и №2 (б):**  $\rho_k$  – эффективные УЭС;  $AB$  – база (разнос установки);  $h_{эф} = (0,25-0,3) AB$  – эффективная глубина зондирования;  $h$  – мощность первого слоя;  $\rho_1$  и  $\rho_2$  – истинное УЭС слоев



**Рис. 3. Результаты ЭП, прогноз изменения мощности  $h$  глинистых отложений и границы влагонасыщенной зоны по профилю  $O_1x_1$ ,  $AB_1 = 60$  м (а) и  $O_2x_2$ ,  $AB_2 = 75$  м (б):  $\rho_k$  – эффективные УЭС;  $\bar{\rho}_k$  – усредненные поинтервальные значения  $\rho_k$ ;  $h$  – прогнозные значения мощности слоя четвертичных отложений;  $\bar{h}_\Gamma$  – усредненные значения  $h$  по геологическим данным;  $x_B$  – координата границы влагонасыщенной зоны**



**Рис. 4. Объемная модель прибортового массива:** 1 – зона влагонасыщения грунтов; 2 – песчано-глинистые отложения; 3 – коренные породы

На основе отметок рельефа поверхности, геологических данных и результатов электрофизического мониторинга построена объемная модель исследуемого прибортового массива (рис. 4).

Проведенные исследования позволили решить следующие технологические задачи:

- уточнить объем четвертичных отложений, подлежащих гидросмыву;
- детализировать геологическое строение массива для оценки его геомеханического состояния

Банк данных об изменении мощности слоя песчано-глинистых отложений и выявленных границах влаго-

насыщенных зон в комплексе с физико-механическими свойствами пород являются исходной информацией для расчета технологических параметров ведения горных работ. В частности, ТИСИ с использованием схем IX и X ВНИМИ установлено, что при благоприятном падении границы слоя рыхлых и коренных пород при коэффициенте запаса устойчивости  $\eta = 1,3$  генеральный угол откоса борта составит  $38^\circ$ . При приближении борта к гидроотстойнику возможно формирование фильтрационного коллектора, что потребует принятия специальных технологических решений. **■▲■**

#### Коротко об авторах

Смирнов Н.А. – аспирант ГУ КузГТУ, SmirnovNick@yandex.ru

Простов С.М. – доктор технических наук, профессор кафедры теоретической и геотехнической механики ГУ КузГТУ, raen@kuzstu.ru

