Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. LXIX, вып. 2, 1976 г.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОМ КАРТИРОВАНИИ В УСЛОВИЯХ ГОРНОГО КРЫМА

Э.Ф.ДОРОФЕЕВА, С.К.ЗАБУРДИН

Трудности, возникающие при детальном геологическом картировании обширных задернованных и залесенных пространств, в ряде случаев успешно преодолевают применением геофизических методов. Представляет интерес опыт использования методов электроразведки при геологической съемке масштаба 1 : 50000 с детализацией на отдельных участках до 1 : 25000, проводимой в течение нескольких лет на Крымском учебном полигоне Ленинградского горного института.

Полигон расположен в пределах Второй (Предгорной) гряды Крымских гор в среднем течении р.Бельбек в окрестностях поселка Куйбышево. Рельеф этого района среднегорный, наиболее характерными положительными формами его являются куэсты (асимметричные гряды), вытянутые в северо-восточном направлении. Северо-западные склоны куэст пологие (7-10°), интенсивно залесенные, а юго-восточные более крутые (до 30°), хорошо обнажены, но местами покрыты щебенистым делювиально-пролювиальным материалом.

Геологическое строение района характеризуется моноклинальным залеганием слагающей его терригенно-карбонатной толщи мелового и палеогенового возраста, что соответствует структуре северо-западного крыла Качинского антиклинального поднятия. Простирание слоев здесь северо-восточное с падением к северо-западу по азимуту 320-340° под углом 5-20°.[x]

В основании терригенно-карбонатной толщи залегают базальные полимиктовые конгломераты и песчаники бериаса, которые по разрезу постепенно сменяются оолитовыми известняками, а затем снова конгломератами, но уже

[x] Геология СССР, т.УШ, Крым, ч.1. Геологическое описание. М., „Недра", 1969.

преимущественно кварцевыми и сильноизвестковистыми. Верхи этой части толщи, имеющей валанжинский возраст, повсеместно перекристаллизованы и приобрели заметно бо́льшую плотность по сравнению с солитовыми известняками. Разрез существенно-терригенных отложений венчается маломощным горизонтом глауконитовых песчаников верхнеальбского-сеноманского возраста. Верхняя часть терригенно-карбонатной толщи сложена породами глинисто-известковистого состава (известняками, глинистыми известняками и мергелями) верхнемелового и палеогенового возраста. Между отложениями валанжинского яруса и верхнеальбского подъяруса имеется угловое несогласие: углы падения в слоях нижнего отдела мела достигают 20^{0}, а в верхнемеловых колеблются от 5 до 10^{0}.

Условия геологического картирования в разных участках полигона неодинаковы, прежде всего по причине неравномерной обнаженности. Визуальная съемка возможна лишь на хорошо обнаженных юго-восточных склонах куэст и гряд, обширные же площади на их северо-западных залесенных склонах для непосредственных наблюдений почти не доступны; здесь для картирования могут быть использованы лишь искусственные обнажения на лесных дорогах и редкие естественные коренные выходы в ложках и промоинах. В северной части полигона дополнительные трудности при прослеживании геологических структур возникают в связи с монотонностью глинисто-карбонатных отложений верхнего мела. Единственный маркирующий горизонт в них представлен окремненным тонкокристаллическим массивным известняком белого цвета, иногда с кремовым оттенком, имеющим раковистый излом с искрящейся поверхностью и поэтому названный фарфоровидным. Мощность горизонта колеблется от 10 до 25 м.

Горизонт фарфоровидного известняка прослеживается вдоль крутого склона Туронской куэсты[x], на южных склонах Узкой и Широкой гряд (рис.1). На Сеноманской куэсте коренные выходы этих пород встречаются на вершине и вдоль лесной дороги, спускающейся к долине р.Бельбек по северо-западному ее склону.

Различия в составе горных пород отражаются и в их физических свойствах. Так, по данным лабораторных и параметрических наблюдений, удельное электрическое сопротивление конгломератов нижнего отдела меловой системы 80-150 Ом·м, а органогенных известняков 70-90 Ом·м. Среди глинисто-карбонатных пород верхнего мела, имеющих удельное сопротивление 30-60 Ом·м, резко выделяются фарфоровидные известняки с аномально высоким значением сопротивления $\rho_{уд}$, достигающим 400 Ом·м.

Достаточно отчетливое различие пород по удельному электрическому сопротивлению явилось предпосылкой постановки методов электроразведки при проведении геологической съемки масштаба 1 : 25000. С помощью этих методов решали геологические задачи, связанные с выявлением границ распространения различных пород, а также с фиксированием и изучением разрывных нарушений разного масштаба: от крупных сбросов до локальных зон трещиноватости.

Электроразведочные работы включали электропрофилирование методом сопротивлений и вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ). Профилирова-

[x] В тексте и на рисунках использованы условные географические названия, применяемые только в пределах учебного полигона.

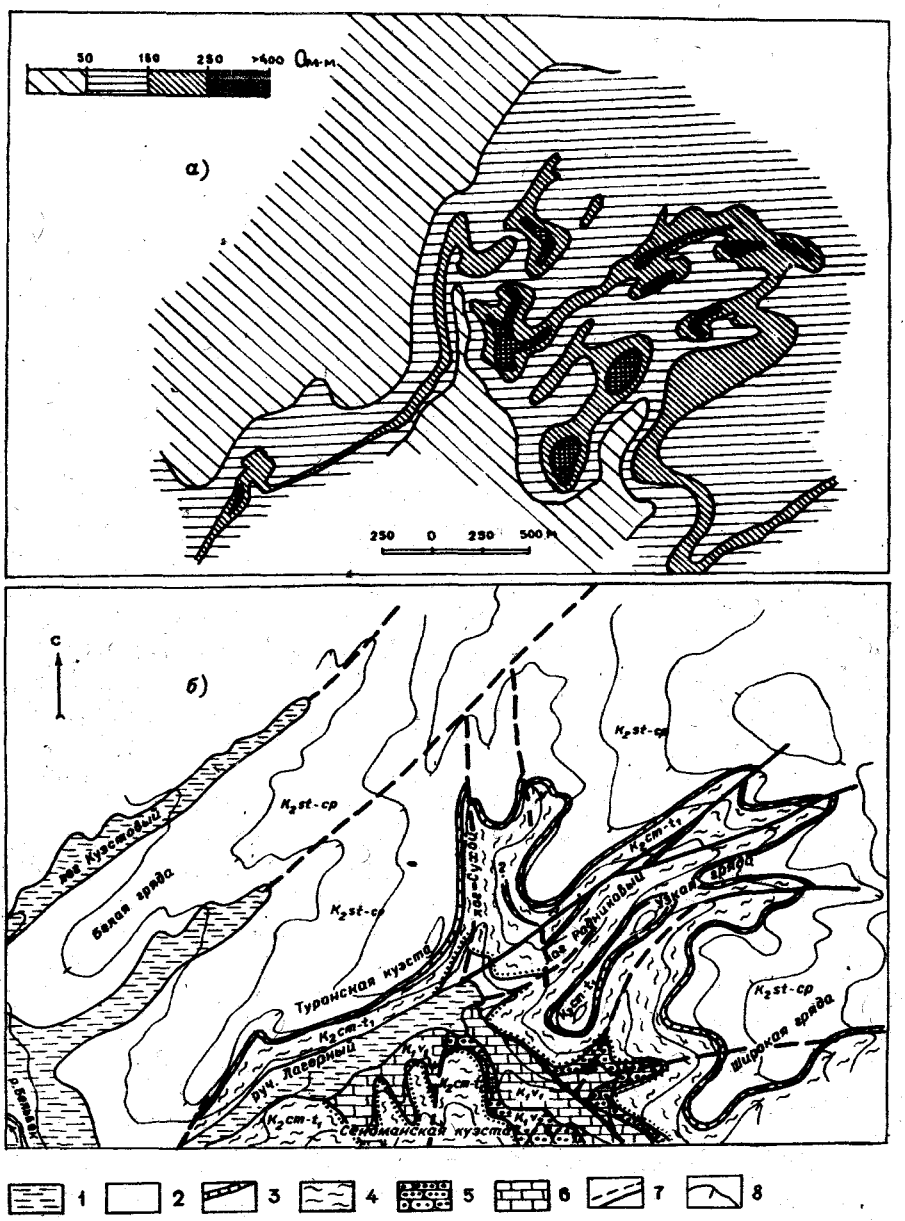


Рис.1. Карта изоом по данным электропрофилирования (а) и результативная геологическая схема района работ (б)

1 – рыхлые отложения; 2 – мергели глинистые; 3 – известняки фарфоровидные; 4 – мергели песчанистые; 5 – конгломераты кварцевые; 6 – известняки органогенные; 7 – тектонические нарушения; 8 – изолинии рельефа местности (сечение 50 м)

ние выполняли симметричной установкой Веннера с разносами АВ = 60 м, MN = = 20 м. Выбор установки обусловлен мощностью маркирующего горизонта фарфоровидных известняков и мощностью рыхлых отложений, редко превышающей несколько метров. Результаты работ подтвердили обоснованность выбранных разносов. Наблюдения выполняли, главным образом, по системе параллельных профилей, направление которых выбиралось перпендикулярно к линии предполагаемых выходов горизонта фарфоровидных известняков. Расстояние между профилями 100 м; на участках с наиболее сложной геологической обстановкой проводили детализацию с уменьшением расстояния между профилями до 50 м. Расстояние между пикетами наблюдений 10–20 м.

По результатам профилирования составлена карта сопротивлений (рис.1, б). Построению карты предшествовало построение контурно-корреляционного плана, так как изменение мощности рыхлых отложений и структурно-текстурных особенностей приводят к изменению интенсивности аномалий $\rho_к$. В этом случае первостепенное значение придают форме и типу аномалий. При решении вопроса коррелируемости аномалий значительную роль играет учет характера рельефа местности. На карте сопротивлений отчетливо прослеживается полоса высоких значений $\rho_к$ (200–300 Ом·м), соответствующая выходам на поверхность горизонта фарфоровидных известняков.

Резкое изменение амплитуды аномалий $\rho_к$, смещение осей их экстремальных значений по простиранию увязывали с тектоническими нарушениями. Нарушение структуры физических полей дает возможность фиксировать разрывные нарушения, недоступные для непосредственных наблюдений при геологическом картировании (рис.2, а). Сопоставляя графики значений сопротивлений $\rho_к$ по профилям, удается определить положение разрывного нарушения и оценить амплитуду смещения различных блоков (рис.2, б).

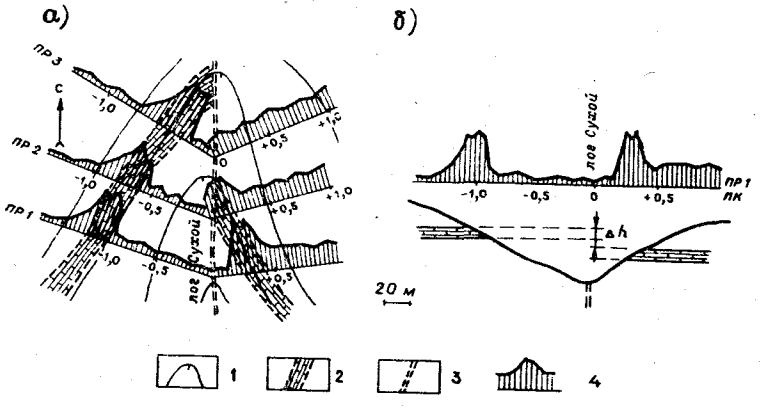


Рис.2. Пример выделения разрывного нарушения (а) и определения амплитуды смещения Δh (б) по данным электропрофилирования
1 – изолинии рельефа; 2 – известняки фарфоровидные; 3 – разрывное нарушение; 4 – графики $\rho_к$

В восточной части изучаемого района имеются многочисленные геологические признаки существования системы разрывных нарушений, положение которых определяют по данным электропрофилирования. Так, Узкую гряду пересекают три меридионально ориентированных зоны трещиноватости без смещения слоев. Интенсивная денудация трещиноватых пород привела к почти полному исчезновению фарфоровидных известняков в этих зонах, что отражается и на карте сопротивлений – аномалии $\rho_к$, соответствующие выходам фарфоровидных известняков, на этом участке имеют вид изолированных пятен. Места пересечения Узкой гряды зонами дробления выражены в рельефе седловинами, в связи с чем сама гряда в отличие от соседних куэст, имеющих ровную линию гребня, несет на себе три отчетливо выделяющихся вершины. Установленные по данным электропрофилирования зоны дробления впоследствии были подтверждены геологическими наблюдениями. Указанные зоны отмечены на правом борту Родникового лога в фарфоровидных известняках по полосам кливажированных пород и незначительным флексурообразным изгибам, имеющим высоту до 1–2 м.

В восточной части исследуемой площади отмечали также прямые геологические признаки разрывных нарушений другой, северо-восточной, системы (Родниковый лог). Положение разрыва и смещение горизонта фарфоровидных известняков уточняли по данным электропрофилирования. Ориентировка смесителя, как правило, непосредственно не наблюдается, однако геоморфологические признаки позволяют определить ее как северо-восточную: северо-западный склон Узкой гряды, представляющий собой левый борт долины лога Родникового, такой же крутой, как и юго-восточный, что при моноклинальном залегании пород может означать лишь „срезание" пологого склона идущим параллельно ему разрывным нарушением.

Кроме того, карта сопротивлений иллюстрирует существенное различие кажущегося сопротивления всех пород глинисто-карбонатной толщи верхнего мела в западной и восточной частях изучаемой площади: 20–30 и 80–100 Ом·м соответственно. Параметрические наблюдения и практически постоянное повышенное значение $\rho_к$ показали, что изменение сопротивления одновозрастных отложений связано не с местным изменением физических свойств, вызванным дроблением, окремнением и другими причинами, а обусловлено иным литологическим составом. Различия в сопротивлении связаны с их неодинаковой кремнистостью и карбонатностью. Отсутствие кварцевых жилок и других прямых признаков эндогенного характера окремнения позволяет предполагать сингенетическую дифференциацию осадконакопления. В соответствии с этим можно предполагать наличие границы двух локальных фациальных зон, существовавших в момент накопления соответствующих осадков. Условия осадконакопления в восточной зоне обеспечивали более интенсивную аккумуляцию кремнистых и известковистых соединений.

Вопрос о причинах возникновения фациальных зон остается открытым. Следует отметить, однако, что в осадках современных морей хорошо известна пятнистость в распределении кремнезема, которую принято рассматривать как результат неравномерного расселения микрофауны, способствующий осаждению

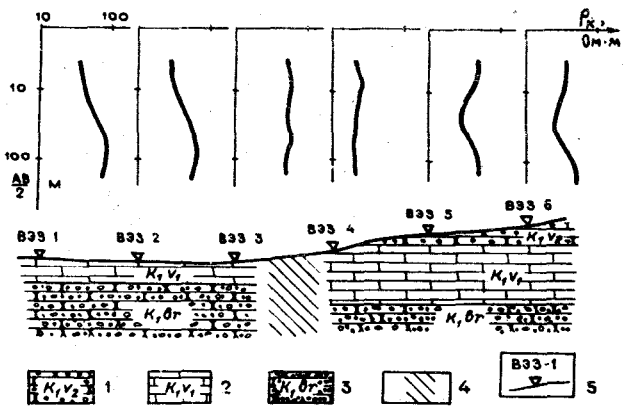


Рис.3. Графики ВЭЗ и схематический геологический разрез
1 – конгломераты кварцевые; 2 – известняки органогенные; 3 – конгломераты полимиктовые; 4 – зона тектонического нарушения; 5 – точки ВЭЗ

кремнистых соединений; это в свою очередь объясняется различиями в климатических условиях[x]. Поскольку восточная часть рассматриваемого района является местом пересечения нескольких систем „неоднократно подновлявшихся" разрывных нарушений, есть основания предполагать, что повышенная проницаемость его способствовала усиленному подтоку внутреннего тепла к поверхности Земли и создавала тем самым благоприятные условия для жизнедеятельности упомянутых микроорганизмов. Граница между двумя описываемыми областями предположительно различных условий осадконакопления пространственно совпадает с положением лога Сухого, долина которого имеет близмеридиональное направление. Далее к северу описываемая граница трассируется в верховье лога Куэстового. В южной части площади положение этой границы совпадает с тектонически ослабленной зоной, являющейся продолжением разрывного нарушения, отмеченного в долине лога Сухого. Применение ВЭЗ на северо-западном склоне Сеноманской куэсты позволило подтвердить наличие разрывного нарушения. Существование нарушения подтверждает ряд геологических признаков: в русле ручья обнаружено присутствие тектонической глинки оранжевого и лилово-красного цвета, протягивающейся в направлении от С 0^0 до С-СВ 10^0; восточнее и западнее от места выхода глинки известняки содержат плохо различимые, но многочисленные органические остатки, подвергшиеся перекристаллизации вместе с известняками.

ВЭЗ позволило не только установить разрывное нарушение, но и уточнить его вертикальную амплитуду. Точки зондирований, максимальные разносы которых достигали 220 м, располагали на линии профиля, перпендикулярной к линии простирания предполагаемого нарушения. На основании проведенной интерпретации полученных кривых с учетом физических свойств горных пород и геологических сведений построен схематический геологический разрез (рис.3). На рис.3 отчетливо видно, что разрезы по линии профиля в его восточной и западной частях резко различны. По характеру кривые ВЭЗ 1, 2 относятся к

---

[x] Типы осадков, их распространение и состав. В кн.: „Тихий океан. Осадкообразование", гл.УП. М., АН СССР, 1970. Авт.: П.Л.Безруков, О.Г.Козлова, В.П.Петелин, И.А.Алексина.

кривым типа K, в восточной части профиля наблюдается разрез, соответствующий кривым типа НК (ВЭЗ 5, 6). В центральной части профиля (ВЭЗ 3, 4) различия пород по сопротивлению не обнаружено. На кривых ВЭЗ отчетливо отражается граница между базальными конгломератами с повышенным значением $\rho_{уд}$ (120–150 Ом·м) и перекрывающими их известняками ($\rho_{уд}$ до 50–60 Ом·м). Гипсометрическое положение этой границы непостоянно и резко меняется вблизи линии предполагаемого разлома, указывая на наличие относительного смещения блоков. Приподнятое положение занимает восточный блок; амплитуда смещения, по данным ВЭЗ, достигает в этой части 20–25 м.

Таким образом, опыт применения электроразведочных методов для детального геологического картирования в условиях Крымского учебного полигона оказался успешным. С их помощью удается получить значительную информацию о геологическом разрезе в местах с плохой обнаженностью. Кроме того, в правобережной части р.Бельбек, в среднем ее течении, применение электроразведочных методов позволило среди глинисто-карбонатных верхнемеловых отложений выявить две смежные области развития одновозрастных пород, имеющих различные фациальные условия образования, и установить положение западной границы этих областей. Совместными геолого-геофизическими исследованиями к востоку от лога Сухого выявлено широкое развитие нарушений близмеридионального, северо-восточного и северо-западного направлений; часть из них неоднократно подновлялась.

Приведенные примеры геологической эффективности крупномасштабных геофизических исследований не исчерпывают полезные результаты, которые извлекаются из этих материалов в процессе их практического использования. Эффективность комплекса электроразведочных методов позволяет рекомендовать его для решения аналогичных геологических задач в условиях Крымского учебного полигона, а также в районах со схожей геологической обстановкой.