

Sbor. geol. věd	Hydrogeologie, inž. geologie. 19	Стр. 155—192	12 рис.	7 табл.	— прил.	Praha 1991 ISSN 0036-5289
--------------------	-------------------------------------	-----------------	------------	------------	------------	------------------------------

## Геофизическое исследование тел твердых пород в кровле толщи бурогольных пластов Северочешского бассейна

### Geofyzikální výzkum pevných poloh v nadloží souvrství hnědouhelných slojí severočeské pánve

Vladimír Hašek<sup>1</sup> - Jaroslav Uhlík<sup>2</sup>

Представлено 15-го марта 1988 г.

1: 50 000  
01-44  
02-33  
11-22  
12-11

*North Bohemian Basin  
Geophysical methods  
Solid strata  
Brown coal seams  
Inhomogeneity*

Hašek, V. - Uhlík, J. (1991): Geofyzikálne issledovanie tel tvrdých porod v krovle toľšči burougolných plastov Severočeského bassejna. — Sbor. geol. Věd, Hydrogeol. inž. Geol., 19, 155—192. Praha.

**Экстракт:** Наличие тел очень твердых пород (пелосидеритов, песчаников и силицитов) вызывает значительные производственные осложнения при вскрышных работах в карьерах Северочешского бурогольного бассейна (СББ). В целях их определения пока использовалась преимущественно буровая разведка, которая, однако, является длительной и, принимая во внимание повышение производительности и безопасности труда, также мало-перспективной. Поэтому для проверки наличия твердых пород стали применяться очень эффективные с точки зрения экономии расходования средств и времени геофизические методы. В настоящей статье подытожены, во-первых, примененные методы и, во-вторых, практический опыт, полученный в течение их применения для решения вышеуказанной проблематики в области СББ. Несколькими примерами документируются результаты геофизических работ и последующих проверочных работ.

<sup>1</sup> *Geofyzika, s. p., Ječná 29a, 612 46 Brno*

<sup>2</sup> *Výzkumný ústav hnědého uhlí, Budovatelů 2830, 434 37 Most*

## Введение

Требования народного хозяйства ЧСФР по покрытию потребностей топливно-энергетического баланса в области первичных топлив ориентируются, прежде всего, на рациональное использование запасов в бассейнах под Крушными (Рудными) горами.

Долгосрочное повышение добычи бурого угля в области третичного Северочешского бассейна обеспечивается, главным образом, при помощи развития открытой разработки технологией крупных карьеров. Эксплуатацию при помощи крупных машин можно прогрессивным способом применять только в заранее достаточно проверенных геолого-технических условиях. Неожиданные изменения условий залегания, наличие старых горных выработок и других неоднородностей являются частой причиной производственных осложнений как при добыче угля, так и при выемке вскрыши, создают угрозу для их непрерывности и равномерности и нарушают плановый режим эксплуатации.

Подготовка и собственная организация добычи зависят по вышеуказанным причинам от очень подробных сведений о геологическом и геотехническом характере кровли угольного пласта, качестве угля, разработке и т. п. Требуемая инженерно-геологическая разведка и разведка месторождений обычно осуществляются в значительно сложных производственно-технических условиях, прямо перед экскаваторами крупных машин с почти немедленным представлением результатов.

Имея в виду вышеуказанную, очень актуальную проблематику карьеров Северочешского буроугольного бассейна (СББ), Заводской исследовательский институт г. п. Геофизика Брно и Исследовательский институт бурого угля Мост в рамках своих отраслевых заданий уже несколько лет занимаются совместной задачей, а именно вопросом геофизического определения очень твердых пород (далее только ОТП) во вскрышных разрезах или же в угольном пласте.

Реализацию решения вышеуказанных заданий (Hošek et al. 1981, 1982, 1983; Uhlík 1975, 1978, 1980, 1983) можно в рамках общей оценки данной проблематики резюмировать в следующих пунктах:

1. предложение оптимального комплекса методов для определения характера, формы и глубины залегания ОТП в области СББ;
2. разработка методики измерения и обработки измеренных данных с применением вычислительных машин с целью ее рекомендации для обеспечения необходимого опережения инженерно-геологической разведкой ОТП продвигающегося фронта очистных работ при помощи крупных машин;
3. проверка некоторых других методических процессов, связанных с повышением эффективности геофизических работ при проверке геотехнических свойств кровли угольного пласта.

## **Неоднородности в области Северочешского бассейна**

Неоднородности в кровле толщи буроугольных пластов, а также в угольном пласте самом, можно определить как местное нарушение сплошности слоя или пласта, которое приводит к тому, что при добыче происходит изменение эксплуатационных условий или становится необходимым принятие мер безопасности.

По генезису упомянутые неоднородности можно разделить на несколько групп, а именно: пустоты, водоносные горизонты, тектонически нарушенные слои, тела каустически преобразованных пород и тела очень твердых пород (табл. 1).

По табл. 1 видна широкая характеристика изменений как в однородном угольном пласте, так и в породах кровли. Принимая во внимание нагрузку землеройных машин и изменение технологии добычи в области нахождения ОТП, этот тип неоднородностей пластов и слоев является самым важным.

ОТП могут быть сингенетического и эпигенетического происхождения. Они встречаются как в толще буроугольных пластов, так и в перекрывающих ее преимущественно пелитовых породах.

### **Очень твердые породы в области СББ**

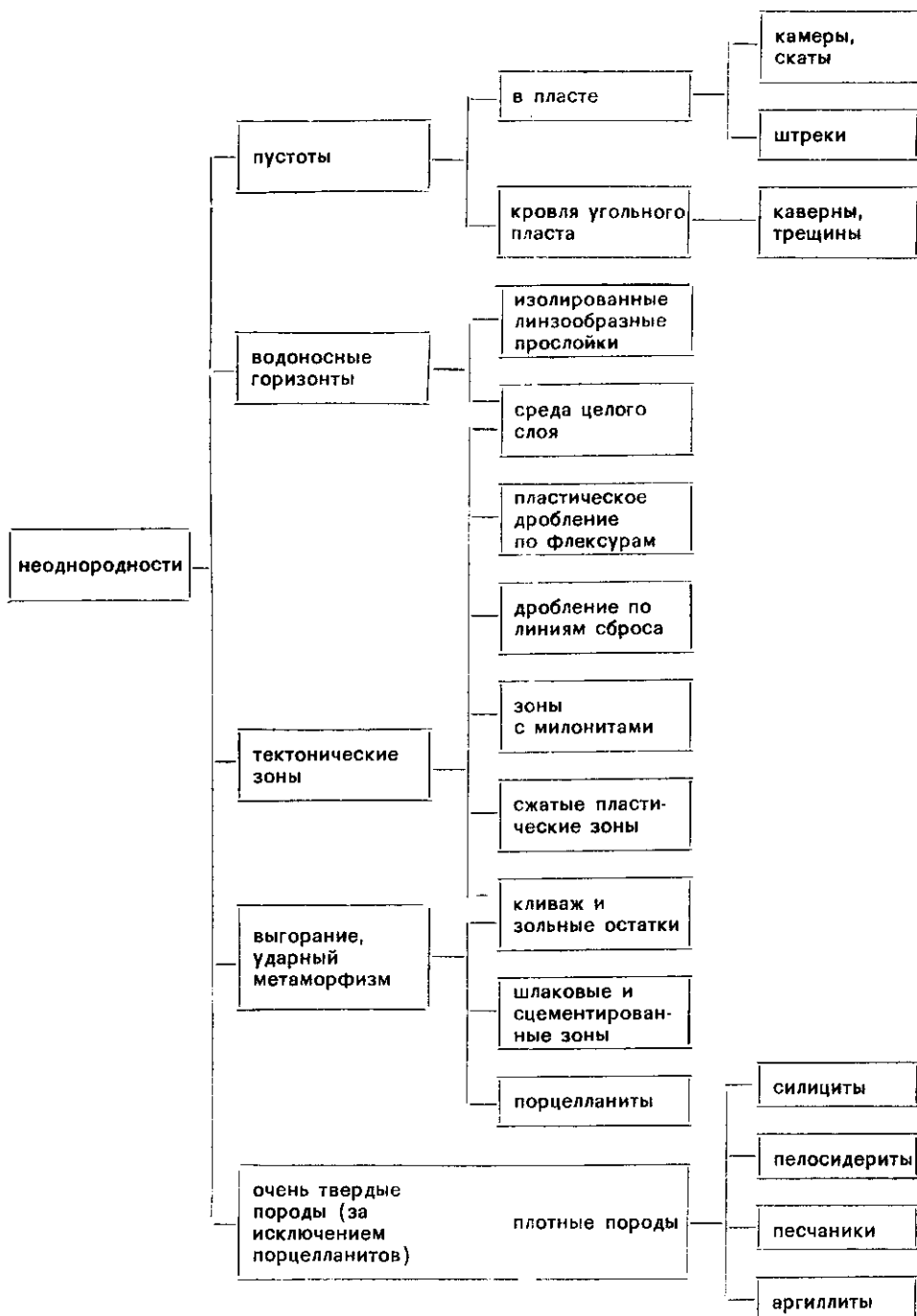
Из вышеприведенного краткого описания вытекает общее определение ОТП. Это – тела горных пород, нарушающие изотропность, однородность вмещающей геологической среды и осложняющие своей твердостью процесс добычи, повышая механический абразивный износ или ломкость экскаваторных устройств и вызывая, таким образом, чрезмерную нагрузку или изменение производительности приводных агрегатов. Результатом является кусковатость разработанного материала при выемке блоков и вследствие этого нарушение конвейерного транспорта.

Имеется несколько определений ОТП – по химизму связующего вещества, генезису, твердости, крупности и форме тел. В табл. 2 приводится разделение ОТП по генезису и форме, а также по химизму связующего вещества. В дальнейшем разделение учитываются также остальные свойства, определенные с точки зрения добычи, т.е. твердость, крупность и форма.

ОТП третичного возраста в кровле буроугольных пластов можно разделить по петрографическому характеру (Fischer 1957) на несколько групп, именно:

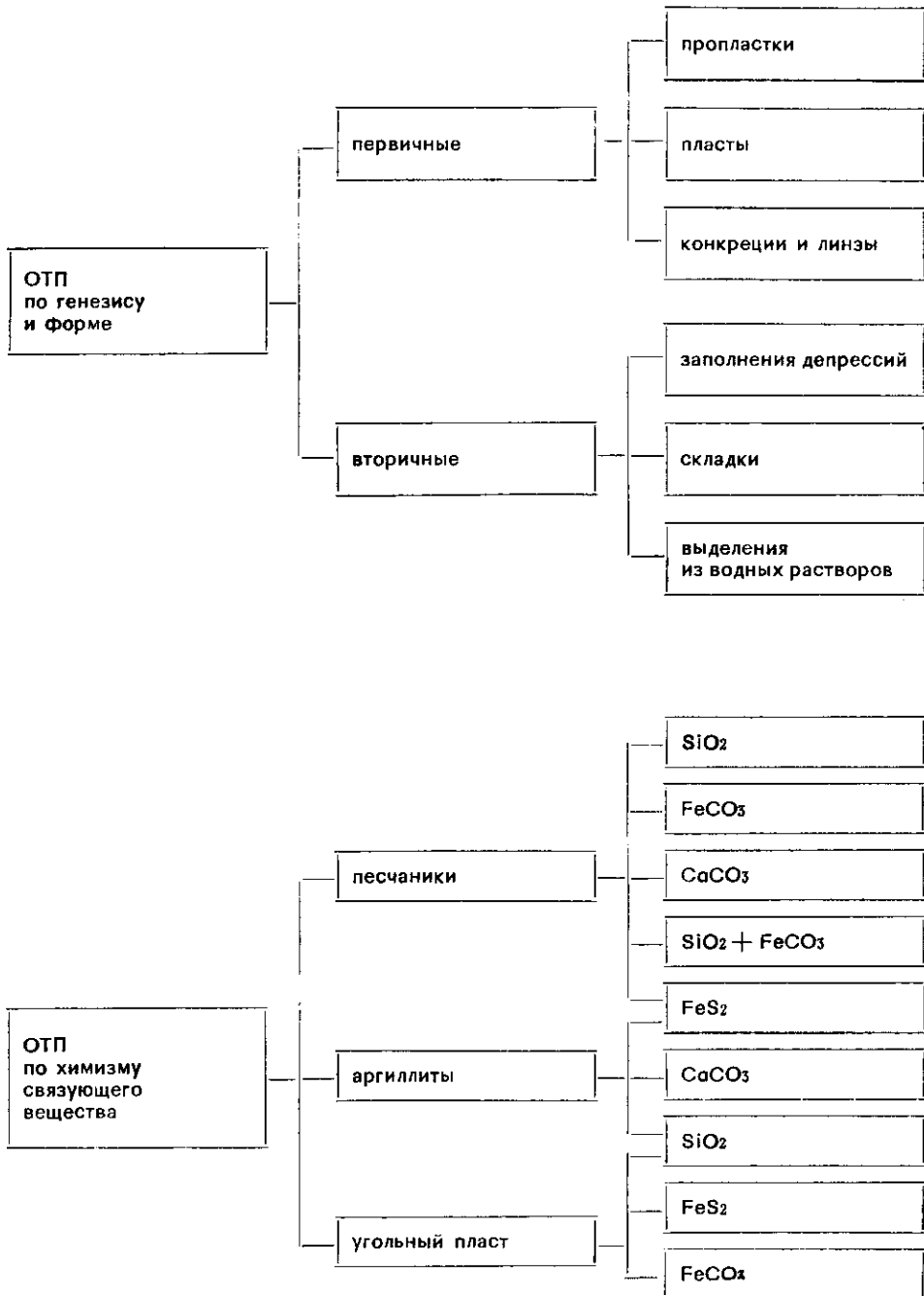
Таблица 1

Общее разделение неоднородностей в Северочешском бассейне



**Таблица 2**

Разделение очень твердых пород по генезису и форме и по химизму связующего вещества



- а) песчанниковые и конгломератовые прослойки;
- б) пелосидеритовые конкреции;
- в) сидеритовые и лимонитовые конкреции;
- г) аргиллитовые пласты;
- д) карбонатные и пелокарбонатные включения и конкреции;
- е) силициты и кварциты.

### **Песчанниковые и конгломератовые прослойки**

В породах, кровли, состоящей преимущественно из миоценовых глин и песков, находятся выразительные плотные тела песчаников и в меньшем объеме также конгломератовых прослоек с разным связующим веществом и уплотнением. Они образуют, во-первых, пласты мощностью от 0,3 до 2,5 м, во-вторых, частные пласты или блоки мощностью в 10 – 12 м, а протяженностью даже в несколько десятков метров. Другим видом являются линзообразные тела небольших размеров, достигающие лишь изредка максимальной мощности до 3 – 5 м. Сплошные слои по большей части разделены несколькими пропластками глинистого или битумного характера. Их возникновение вызвано или диффузией силикатных или же карбонатных растворов через слой на водонепроницаемую среду (глины, илестые карбонаты и т. п.), или изменением условий залегания (синтектоническое образование). Постепенно, при вытеснении силикатных гелей, вытесняется или импрегнируется также первоначальное связующее вещество.

### **Пелосидеритовые конкреции**

Они обычно накоплены с намеком слоистости в нескольких горизонтах. Редко встречаются большие пелосидеритовые конкреции размерами в 2,5 – 4 × 2,5 – 3 м и мощностью в 0,5 – 2 м. Небольшие тела являются более равномерными. Они связаны с перекрывающимися песчанистыми глинами. Средняя мощность составляет 0,3 – 0,5 м.

Конкреции возникают преимущественно коагуляцией гелей кремневой кислоты и, вторично, из растворов  $\text{CaCO}_3$ , более редко сульфатов (образуя в некоторых случаях вторичные заполнения линз). Вследствие условий залегания, т. е. сжатия отложений в кровле угленосной толщи, первоначальная шарообразная форма деформируется в вертикальном направлении в линзы. Появление этой деформации видимо послойное, а наличие случайное.

## **Сидеритовые и лимонитовые конкреции**

Чаще всего встречаются скопления коротких чешуй, продольная ось которых бывает горизонтальна или немного наклонная, в более редких случаях с большим углом наклона. Карбонатные породы имеют цемент  $\text{FeS}_2$ .

Лимонитовые конкреции объемом больше  $0,5 \text{ м}^3$  встречаются в самых верхних частях кровли, слагаемой песками и песчанистыми глинами. Конкреции образуют неправильные скопления или одиночные небольшие блоки. Их расположение большей частью зонального типа, следовательно, его можно прогнозировать. Плотность их является переменной вследствие вторичных процессов выветривания. Типичные их местонахождения встречаются в верхних частях карьера Максим Горький около г. Билина.

## **Аргиллитовые пласты**

Плотные аргиллиты, большей частью с кремнистым или же кальцитовым цементом, образуют типичные слоистые формации, обычно мощностью до 1 м. В некоторых фациях встречаются слои удвоенные или утроенные, очень малой мощностью в 0,1 до 0,3 м. Вследствие вторичной импрегнации они представляют собой очень твердую породу, являясь препятствием добыче из-за своей обширности. Так как они обладают типичной слоистостью, они могут фациально изменяться, поэтому трудно их разведать при помощи скважин. Препятствием для разведки является также их небольшая мощность. В процентном вычислении они составляют небольшую долю отработанного объема. Легко им можно приспособить технологию добычи. Они встречаются, прежде всего, в карьере Защитников мира около с. Коморжаны.

## **Карбонатные и пелокарбонатные включения**

Они встречаются как окраинное явление больших карбонатных и пелокарбонатных конкреций и образуют шлиры и полосы неправильной формы в пластах глин, песчанистых глин и песчанистых слоях. Карбонатным цементом является, главным образом,  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{MnCO}_3$ . Их наличие нерегулярно, чаще всего в средних частях перекрывающей толщи.

## Кварциты и силициты

Они преимущественно гидротермального происхождения. Причиной могут быть также «холодные» растворы, чаще всего вблизи тектонических линий или в подстилающих породах, насыщаемых от подошвенного источника под давлением. Конкреции неправильны и в разных размерах.

Их образование объясняется преимущественно коагуляцией гелей кремневой кислоты и вторично вымытых кислых растворов. Они не образуют многослойных формаций. Площадь их нахождения, даже большая, равномерна и их распространение можно определять корреляционно в направлении от проверяемого места в исследуемое пространство. Они встречаются в карьере Чехословацкой Армии около с. Коморжаны и в карьере Максим Горький около г. Билина.

## Обсуждение наличия ОТП в области СББ

Подлинный объем ОТП в общей кубатуре кровли буроугольных пластов в отдельных эксплуатационных районах составляет приблизительно 5 %. В чехословацкой производственной практике применяется термин «связанная» (с угольными залежами) кубатура вскрыши, а в таком понимании процентный объем ОТП представляется значительно большим. Наоборот, физические величины ОТП в производственных определениях получаются ниже экстремальных, именно на 30 – 40 %.

Приводим пример влияния ОТП на добычу в районе карьера Максим Горький: При применении 27 установок ТС-2 (ТС-2 значит технологический комплекс 2, состоящий из экскаваторного оборудования РК 5000, конвейерного транспорта до 2 м и закладочных машин Z 5000 на отвалах) будет в 1990 г. половина установок находиться в зоне твердых пород. При этом при выемке ОТП возникает понижение годовой производительности на 30 – 50 % в случае песчанниковых и пропластковых линз, 30 – 35 % в случае карбонатных пропластков, 10 – 20 % в случае песчанниковых линз, содержащих Fe, и 12 – 15 % в случае лимонитовых линз. Настоящий объем ОТП в общей кубатуре составляет 4 – 6 %. При повышении этой величины в два раза добыча уменьшается даже на половину и время продолжительности изменения технологии добычи нельзя достаточно точно определить.

Знание закономерностей появления ОТП в целях их предусмотрения низко и только в общих чертах можно предполагать, что:

1. частота появления ОТП при разработке зависит от расстояния от кровли пласта;



2. частота понижается в глинисто-карбонатной фации;
3. частота нерегулярна в песчанисто-глинисто-карбонатной фации.

Вообще можно констатировать, что максимальная частота появления ОТП имеется, прежде всего, в нижних вскрышных разрезах, но это не относится к некоторым областям карьеров Наступ около с. Тушимице.

### **Физико-механические свойства ОТП**

В рамках исследовательских работ изучались основные физико-механические свойства пород во всей интересующей нас области. Результаты сведены в табл. 3 и 4.

По приведенным величинам видны сравнительно значительные различия между отдельными типами ОТП и вмещающими породами относительно физических параметров, из чего вытекает также возможность применения геофизических методов для решения данной проблематики.

**Песчаниковые прослойки** отличаются от пелитов в небольшой мере по плотности, в большем масштабе по скорости распространения сейсмических волн и по удельному сопротивлению.

Тогда как **пелосидеритовые конкреции** больших размеров отличаются от вмещающих пород выразительными плотностными и скоростными параметрами, а также удельным сопротивлением, физические свойства небольших конкреций мало отличаются от параметров вмещающих пород. Пелосидеритовые прослойки в глинах и аргиллитах значительно отличаются как по скорости распространения сейсмических волн, так и по удельному сопротивлению. Большие различия появляются также по диэлектрической проницаемости; также величины прочности при сжатии пелосидеритов превышают величины прочности вмещающих пород даже в 8 раз.

**Сидеритовые и лимонитовые конкреции** имеют аналогичные физические свойства как пелосидериты. Относительно магнитных свойств они являются невыразительными по сравнению с пелосидеритами.

**Аргиллитовые пласты** в кровле и в угленосной толще по физическим свойствам значительно отличаются от вмещающих пород. Их небольшая мощность, однако, является препятствием для всех применимых методов, начиная с глубины больше 4 м.

**Карбонатные и пелокарбонатные включения** по физическим параметрам практически нельзя различить.

**Кварциты и силициты** отличаются высокими скоростями распространения сейсмических волн и удельными сопротивлениями. Их можно сравнительно надежно определить с помощью геофизических методов.

Таблица 3

Физико-механические свойства главных типов ОГП

Величина	Главный тип ОГП									
	пеллокар- бонаты	пелосидериты	кварциты	песчаники	аргиллиты	порцел- ланиты	кристалли- ческие гор- ные породы			
объемная плотность $\rho_0$ (г.см <sup>-3</sup> )	2,2	2,31—3,61	2,57—2,58	1,88—2,61	1,64—2,20	2,11—2,42	2,57—2,67			
минералогическая плотность $\rho_m$ (г.см <sup>-3</sup> )	2,83	2,98—3,63	2,59	2,65—2,86	2,42—2,58	2,44—2,95	2,63—2,82			
природная плотность $\rho$ (г.см <sup>-3</sup> )	—	—	2,58	2,57—2,63	1,98—2,30	—	2,60—2,65			
пористость $p$ (%)	—	2,25	—	10,4—14,1	22,8—35,4	5,03—17,8	0,8—3,2			
удельное сопротивление $\rho_s$ (Ом.м)	150—1000	300—1500	13—17.10 <sup>3</sup>	90—550	10—40	720—4270	50—3800			
скорость распространения продольных сейсмических волн $V_L$ (м.с <sup>-1</sup> )	2300—4200	3000—4500	3300—4500	1700—2950	1400—2600	—	3200—4650			
магнитная восприимчивость (10 <sup>-3</sup> SI)	0,089	0,002—0,988	—0,055	0,046—0,474	0,042—1,117	0,07—1,39	0,04—0,36			
радиоактивность U (ppm)	0,5	4,3	—	7,1	2,7—6,5	—	4,5—9,3			
Th (ppm)	10,1	10,9	—	4,	8,8—14,2	—	1,1—8,4			
K (%)	1,6	0,4	—	0,8	1,1—3,5	—	1,9—4,1			
$\gamma$ (Уэв)	6,5	10,0	—	10,1	7,2—15,8	—	12,2—13,8			
относительная диэлектрическая проницаемость $\epsilon_r$	10—30	12—35	—	—	—	—	—			
прочность при сжатии (МПа)	100—200	60—120	80—150	30—110	5	—	—			
угол внутреннего трения $\psi$ (°)	—	—	—	32	13—25	—	—			
вязкость, когезия	—	—	—	—	0,07—0,6	—	—			

**Таблица 4**  
Физические свойства перекрывающих пород и угля

Породы	Измеряемая величина											
	$\rho_0$	$\rho_{m1}$	$\rho$	$\rho_s$	V	x	$\epsilon_r$	U	$T_b$	K	$\gamma$	
глины												
— песчанистые	1,80 — 2,10	2,60 — 2,70	12,5 — 120	25 — 120	1100 — 1500	0,068	—	5,1 — 5,5	12,1 — 14,8	1,5 — 1,7	13,6 — 14,7	
— плотные	1,83 — 2,72	2,57 — 2,78	12 — 30	10 — 40	1200 — 2000	0,04 — 0,88	—	3,4 — 5,5	12,8 — 14,3	1,5 — 2,2	12,1 — 12,7	
— распадающиеся	1,80 — 1,90	2,50 — 2,65	18 — 40	20 — 30	1300 — 2250	—	—	—	—	—	—	
пески												
— сухие	2,14 — 2,60	2,32 — 2,70	18	50 — 300	1500 — 2000	—	5 — 10	—	—	—	—	
— влажные	—	—	—	30 — 100	1800 — 2500	—	25 — 30	—	—	—	—	
уголь												
— с пропластками	—	—	—	25 — 75	1800 — 2700	0,129	5 — 10	—	—	—	—	
— плотный	1,20 — 1,50	1,33 — 1,73	30	30 — 150	1160 — 2800	0,063	10 — 12	0,8 — 1,3	1,2 — 2,5	—	1 — 2,8	
— с FeS <sub>2</sub>	—	—	—	75 — 130	—	—	5 — 10	—	—	—	—	
углистые глины	1,45 — 2,03	1,99 — 2,67	—	25 — 100	—	—	4 — 7	2,5	2,4	0,1	4,4	

## Методика геофизических работ при разведке ОТП

Принимая во внимание разнородный характер ОТП во вскрышных или угленосных толщах, применимые геофизические методы с точки зрения их использования в СББ вообще можно разделить на две главные группы, а именно на основные и дополнительные методы.

К основным методам, применяемым для разведки вышеуказанных неоднородностей на глубине до 5 – 10 м, можно отнести следующие:

- электропрофилирование с разной установкой электродов (ЭП);
- вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ);
- дипольное электромагнитное профилирование (ДЭМП);
- вариант сопротивления метода сверхдлинных волн (СДВ-С);
- радиолокационный метод (ГРМ).

В качестве дополнительных методов применяются следующие:

- индуктивный метод ТУРАМ;
- малоглубинная сейсморазведка;
- магниторазведка.

Малоэффективным, даже неэффективным для всех типов ОТП пока оказался гравиметрический метод.

Перечень методов, приведенный в табл. 5, не исчерпывает всех возможностей применения отдельных геофизических методов. В нем только указывается на оптимальный процесс при решении данной задачи как с точки зрения выбора методов, так и их предполагаемой эффективной глубинности.

**Электропрофилирование** применяется для картирования неоднородностей в плане. Используются разные установки электродов, а именно как установка Венера, так и Шлюмберже, трехэлектродная потенциальная и градиентная установка (комбинированное профилирование – КП), дипольная установка и срединный градиент. На основании существующего опыта из модельных и практических измерений (Найек et al. 1981) показалось, что при установке Венера зависимость аномального эффекта от расстояния между электродами больше, чем в случае установки по Шлюмберже. При одинаковом АВ или АО предоставляет установка с  $MN < 1/3 AB$  или  $MN < 2/3 AO$  более выразительные аномалии кажущегося удельного сопротивления. Аналогично обстоит дело также с методом срединного градиента.

В сравнении с тем дипольное профилирование при неподходящей установке электродов может образовать сложные аномалии кажущегося удельного сопротивления, осложняющие подлинную интерпретацию измеренных данных.

При трехэлектродной установке находит применение более эффективный способ измерения, именно дифференциальная установка

Таблица 5

Перечень геофизических методов, применимых для определения разных типов ОТП

Тип ОТП	Форма, размеры ширина×высо- та×длина (м)	Применимые методы							
		ЭП	ВЭЗ	ТУРАМ	ДЭМП *	СДВ-С	ГРМ*	мало- глуб. сейсмо- разв.	маг- нито- разв.
песчаниковые и конгломерато- вые прослойки — пласти — блоки, линзы	неправильная 5×5×5	○ ●	●	○ ○	○ ●	○ ●	●	○ ○	
пелосидеритовые конкреции	плиты, пласти 5×5×5	●		○	●	●	●	○	
сидеритовые и лимонитовые конкреции	неправильная 5×5×5	●			●	●	●	○	●
аргиллитовые пласты	мощность 3 м		●					●	
карбонатные и пелокарбонатные включения	неправильная 5×5×5	нельзя определить геофизическими методами							
кварциты и силициты	скопления, линзы 2×3×2	●		○	●	●	●	○	

\* эффективная глубинность прибл. до 3—4 м

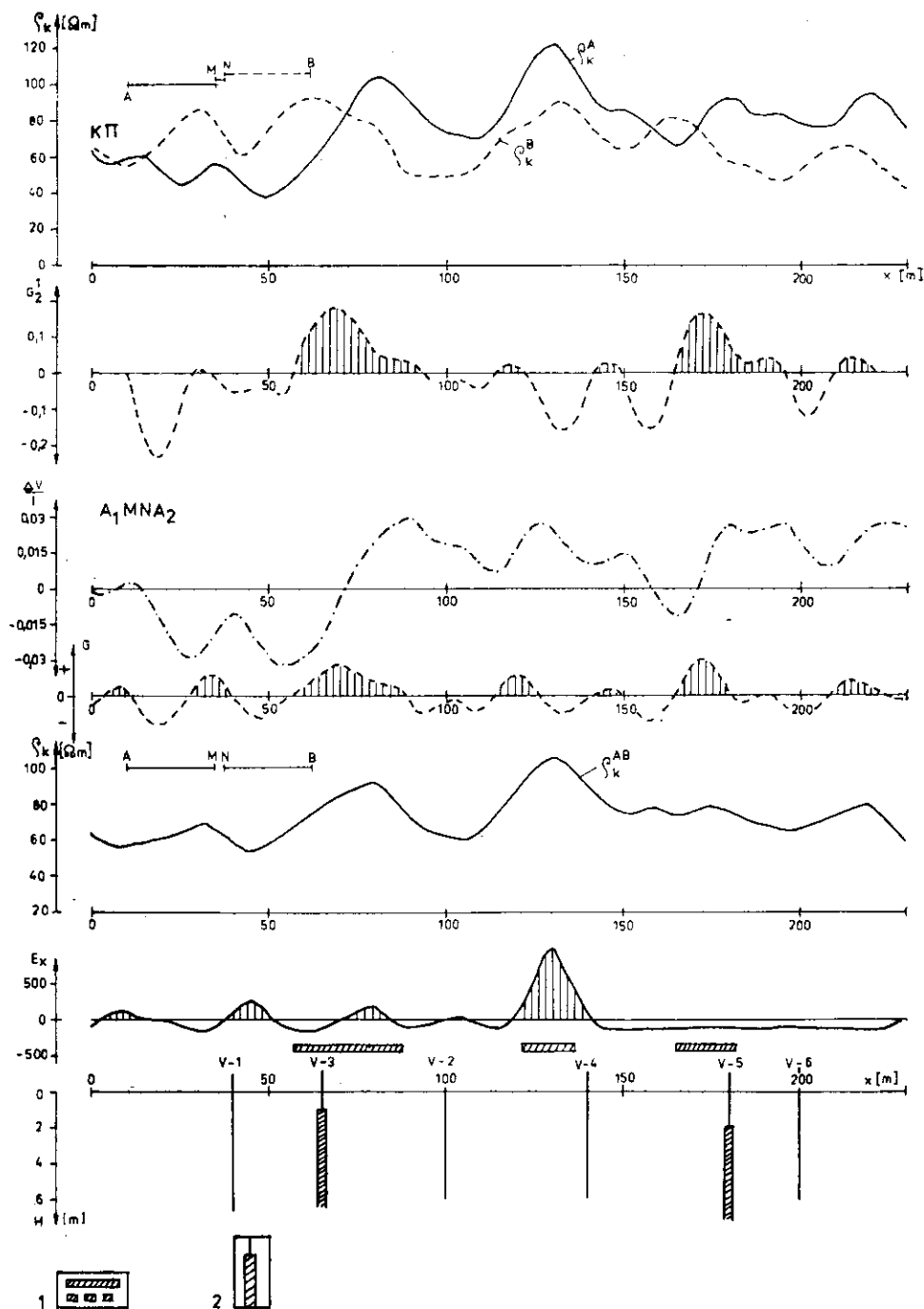
● главный метод; ○ дополнительный метод

AMNдиф. Эти кривые можно получить также при помощи расчета на основании измеренных величин КП таким образом, что кажущиеся удельные сопротивления обеих ветвей вычитываются одно из другого (рис. 1). Точки перегиба профильных кривых AMNдиф. находятся над аномальным телом и увеличивают аномальный эффект больше, чем при вышеуказанных установках.

**Вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ)** применяется, главным образом, для определения глубины залегания и мощности обширных, горизонтально расположенных неоднородных тел. Эффективная глубинность метода ВЭЗ зависит от расстояния между питающими электродами (AB). Для требуемой цели ABмакс колеблется в интервале 40 - 100 м.

Для измерений методом сопротивления использовались аппаратуры, изготовленные в г. п. Геофизика Брно.

**Метод сверхдлинных волн** в варианте сопротивления (СДВ-С) применяется для определения общих размеров аномальных тел. Так как



1. Обработка кривых комбинированного профилирования методом сопротивления  
 1 — интерпретированные аномальные тела; 2 — проверенные ОТП

он относится к так наз. пассивным электромагнитным методам (источник поля находится на большом расстоянии от точки измерения), используется поле навигационных радиостанций с частотой 15 – 25 кГц. Преимущественно применяется Н-поляризация, при которой электрический диполь ориентируется вдоль профиля; измеряются, следовательно, составляющие поля  $E_x$  и  $H_y$ . Направление на радиостанцию в таком случае совпадает с направлением профилей. Магнитная составляющая  $H_y$  параллельна направлению простирания геологических структур.

Для измерений использовались аппаратуры EDA-78 и ERA-77, изделия г. п. Геофизика Брно.

**Дипольное электромагнитное профилирование (ДЭМП)** относится к низкочастотным методам с подвижным источником. Оно применяется для определения ОТП так же, как и профилирование методом сопротивления.

Используются две модификации метода Слингера, отличающиеся друг от друга как применяемой частотой, расстоянием источник – приемник, так и измеряемой величиной.

**Вариант а)** измеряет реальную и мнимую части (амплитуда, фаза) вертикальной составляющей вектора магнитного поля при частоте, например, 827 Гц и расстоянии источник – приемник 60, 90 или даже 120 м. Используемая аппаратура EM-17 является изделием фирмы Geonics Limited.

**Вариант б)** измеряет кажущуюся проводимость среды (миллисименс) при частоте передачи 9,8 кГц и постоянном расстоянии источник – приемник 3,66 м. Использовалась аппаратура EM-31 фирмы Geonics Limited.

**Метод ТУРАМ** относится к низкочастотным электромагнитным методам с постоянным источником (бесконечно длинный кабель, незаземленная петля и т. п.). Регистрируется сдвиг фаз  $\Delta\varphi$  и отношение амплитуд вертикальных составляющих магнитного поля в двух точках, находящихся на расстоянии 10 – 20 м, при частоте передачи 200 и 660 Гц. Использовалась аппаратура AIB TUR 280 фирмы АВЕМ.

Шаг по профилю зависит от характера решаемого задания и в среднем колеблется в пределах 2 – 10 м. К этой предпосылке приспособились также расстояния между профилями.

**Радиолокационный метод (ГРМ)** применяется для определения и проверки размеров, а также глубины залегания ОТП. Источником электромагнитных волн с частотой 120 МГц и одновременно также приемником отраженного сигнала служит подвижная антенна, установленная над самой землей. Аппаратура принимает и регистрирует отраженный сигнал на соответствующем регистрирующем приборе. Результатом яв-

ляется временной разрез промеренного профиля, получаемый уже в течение полевых работ. Использовалась аппаратура SIR-7 фирмы Geophysical Survey Systems Inc.

**Магниторазведка** применяется только для определения тел ОТП с большим процентным содержанием Fe (лимнокварциты и др.). При полевых работах использовались преимущественно протонные магнитометры G-816 фирмы Geometrics и MP-2 фирмы Scintrex.

**Малоглубинная сейморазведка** использовалась в небольшом масштабе для исследования участков с предполагаемым наличием ОТП в целом.

Использовались аппаратуры MC SEIS-1300, модель 1050 фирмы OYO, TRIO фирмы ABEM и BIZON. Возбуждение сейсмической энергии осуществлялось при помощи удара молота, падающего груза или взрывчатого вещества.

### **Ограничивающие факторы при применении геофизических методов в СББ**

Сопоставление с требованиями и нуждами СББ с целью локализации ОТП привело к исключению некоторых методов, как напр.:

- а) нарушение магнитного поля работой землеройных машин, перемещение больших объемов масс в течение измерений сделало невозможным применение классической магниторазведки и гравиразведки;
- б) помехи, вызванные блуждающими промышленными токами, ограничили применение методов сопротивления постоянного тока, исключили применение метода естественной поляризации и магниторазведки;
- в) фактор времени исключил применение всех классических и сравнительно медленных методов; учитывая необходимость быстрого измерения и ускоренной интерпретации на требуемых площадях, часто нельзя принять во внимание малоглубинную сейморазведку методом преломленных волн, гравиразведку и т. п.

Требованию о немедленной обработке в целях последующего хода эксплуатационных работ поэтому соответствуют только относительно эффективные методы, указанные в табл. 5. Из вышеуказанного ясно, что методы, для которых определена также методика измерения, решают требования производства только на 80 %. Можно предполагать развитие и использование еще более рациональных методов, способных проверить в короткое время требуемые площади с опережением, достаточным для запланированных эксплуатационных мероприятий.



## Характеристика эффективной глубинности геофизических методов

Общий обзор применимости отдельных геофизических методов, приведенный в табл. 5, показывает, что глубинность некоторых методов больше 4 – 6 м, особенно в случае больших аномальных комплексов ОТП или более значительного различия физических параметров вмещающих пород.

Таблица 6

Эффективная глубинность отдельных геофизических методов и данные временных норм по ОТП

Метод	Эффективная глубинность (м)	Продуктивность (точек, м/день)
симметричное электропрофилирование	8 – 10	300
комбинированное профилирование	15 – 20	300
срединный градиент	15	400
вертикальное электрическое зондирование	20 – 25	15
ДЭМП	5 – 8	1000
СДВ-С	10	700
ТУРАМ	6	500
ГРМ	4 – 6	1500 м
магниторазведка	6	800
малоглубинная сейсморазведка	8 – 10	200 м

Максимальная глубина исследования при экстремальных значениях физических величин приводится в табл. 6. Величины эффективной глубинности определены лишь ориентировочно, именно на основании только ограниченного количества проверочных измерений и с использованием только вышеуказанных аппаратур.

Скорость работ повышается тем, что измерение описываемого метража производится таким образом, чтобы полученная величина являлась конечной для всего профиля, например при применении ЭП с увязкой. Измерение касается оптимальной среды с экстремальными величинами физических параметров при условии знания геологической структуры исследуемого разреза.

При предварительной обработке измеренных данных прямо в полевых условиях задаются некоторые предпосылки для интерпретации, а именно, средняя величина измеряемого поля, величина первичного поля, скоростные параметры вмещающей среды и аномальных ОТП.

Глубина исследования при обработке большего количества измеренных величин и их объединении в оптимальный тип ОТП не имеет решающего значения.

## Фактор надежности метода

Для разведочных работ важным является еще другой фактор (кроме экономии производственных измерений), а именно надежность определения аномалии, т. наз. фактор надежности метода. Этот фактор нельзя определить никаким другим способом, помимо проверочного процесса в аналогичной местности, который не имеет, конечно, общего значения.

В области карьера Максим Горький около г. Билина для основных типов ОТП была разработана таблица прогноза фактора надежности. Критериями надежности являются:

- применяемый геофизический метод или комплекс методов;
- вид ОТП, размеры и форма тел ОТП;
- частота появления ОТП и однородность вмещающей среды;
- физические параметры ОТП и вмещающих пород;
- глубина залегания ОТП;
- повторение измерений.

Соответствующие величины по плитообразным, линзообразным и чашеобразным телам (телам депрессивного типа) приводятся в таблице 7.

Таблица 7

Таблица прогнозов ОТП для области карьера Максим Горький

Форма тела (петрографический характер)	% определения	мощность ОТП по отношению к мощности кровли	отношение удельных сопротивлений ОТП и кровли	отношение скоростей распространения продольных волн в ОТП и кровле
плитообразная (песчаники, конгломераты, аргиллиты)	90—95	1:2	1:10	1:1,5
	85—90	1:4	1:10	1:2
	60—70	1:6	1:20	1:2
	55—65	1:10	1:20	1:3
линзообразная (песчаники, конгломераты, пелосидериты, кварциты, силициты)	90—95	1:2	1:10	1:2
	85—90	1:3	1:10	1:2
	82—90	1:4	1:20	1:2
	75—80	1:4	1:20	1:3
	63—72	1:6	1:30	1:4
чашеобразная (пелосидериты, сидериты, лимонитовые конкреции)	90—96	1:3	1:10	—
	80—85	1:2	1:10	—
	82—85	1:1,7	1:20	—
	70—75	1:1,5	1:20	—

Величины для определения вероятностей имеют эмпирический характер, причем предусматривается местность с известным типом ме-

шающих тел. В случае неизвестного характера вмещающей среды приведенные величины не всегда действительны, в связи с чем требуется больший объем параметрических измерений.

### **Приблизительное определение аномальных величин ОТП**

По вышеуказанным табличным перечням (табл. 1 – 4) видно, что различие между отдельными типами ОТП значительно и для отличия ОТП по физическим параметрам по сравнению с вмещающими породами можно использовать большинство предлагаемых геофизических методов.

Более сложным является определение характера вмещающей среды, т. наз. степени ее однородности. Однородность вмещающей среды достигает обычно такой степени, что она заглушит аномальную величину ОТП до самого предела чувствительности измерительной аппаратуры. Между упомянутыми крайностями находится величина степени однородности вмещающей среды с некоторым рассеянием значений, колеблющихся около среднего, которая не подавляет аномальных данных. Определение этого оптимального условия осуществляется при помощи выбора метода и методики или же расчета средней величины поля вмещающей среды на основании измеренных данных.

Расчет оптимального поля может быть разный и для основных применяемых методов можно использовать программы статистической обработки данных на программируемых вычислительных машинах прямо в полевых условиях (H a š e k et al. 1981, 1982, 1983; U h l í k 1983).

Для определения корреляционной постоянной рекомендуется выполнить один опытный профиль приблизительно в середине измеряемой площади.

Другим фактором, который использовался для выбора метода или методики, является приблизительное определение величины шума. С той целью осуществилось сравнительное измерение, а именно в разных условиях времени и в разных метеорологических условиях.

Наличие среды вмещающих пород с выразительно отличающимся физическим параметром влияет на измеряемые величины, в особенности в том случае, если эта среда определена как вертикальный или горизонтальный слой. Горизонтальный слой, например, с высоким удельным сопротивлением действует как экранирующая среда для методов сопротивления при исследовании неоднородностей, находящихся вблизи границы этого слоя. Исключение экранирования по большей части невозможно, ему можно противодействовать только при помощи подходящего выбора методов и методики полевых работ.

Установление вероятности определения величины аномалии по отношению к плотности является следующим приемом после выбора методики определения ОТП. Прежде всего надо исходить из размеров и формы, а также положения исследуемых тел. Эти данные всегда приблизительно известны заранее или, по крайней мере, их можно предполагать.

### **Некоторые практические результаты применения геофизических измерений при проверке ОТП**

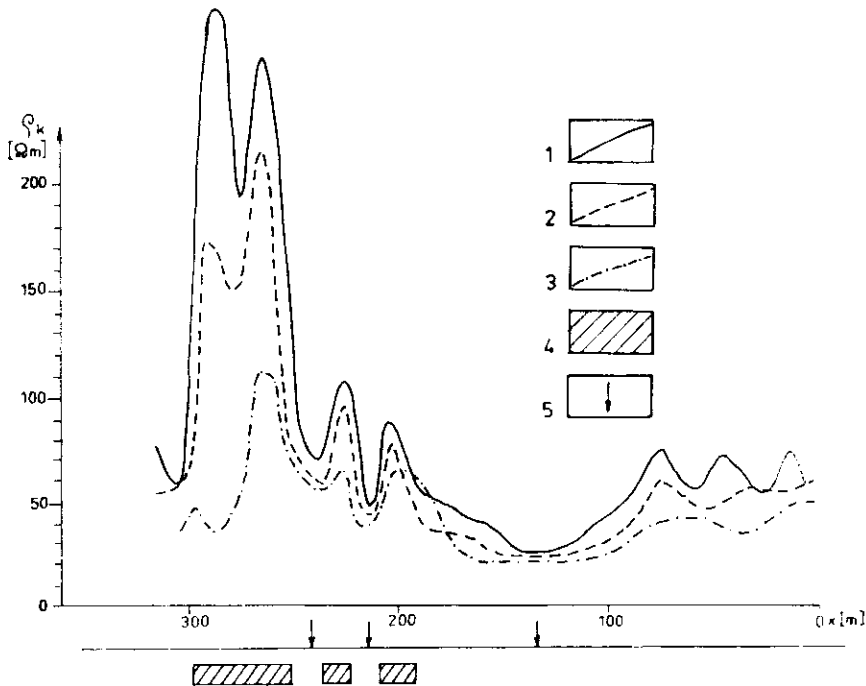
На нескольких примерах хотим документировать развитие применения отдельных геофизических методов или же их рационального комплекса, а также практические результаты, полученные при решении проблематики ОТП разного характера, находящихся в различных геолого-технических условиях вскрышного разреза в отдельных районах СББ.

#### **Карьер Максим Горький около г. Билина**

В этом районе встречается большая изменчивость физических свойств, именно плотности, удельных сопротивлений, скоростей распространения сейсмических волн и проницаемости. ОТП находятся преимущественно вблизи водоносных депрессий, в связи с чем надо отличать неоднородности пород от водных ресурсов в песках. Наличие ОТП нерегулярно во всех горизонтах. Частота их появления повышается в направлении к подстилающему слою.

#### **Определение песчаников до кварцитов в песках**

На рис. 2 изображен результат измерения при помощи трехэлектродной установки над толщей твердых силицитовых песчаников до кварцитов в песках. Сравнительно обширное и неглубоко (до 8 м) залегающее тело ОТП проявляется очень выразительно повышенным удельным сопротивлением в окрестности пикетажа 200 – 300 м. Выразительное понижение сопротивлений на пикетах 120 – 140 м и 220 м представляет собой проявление водоносности вскрышного разреза.



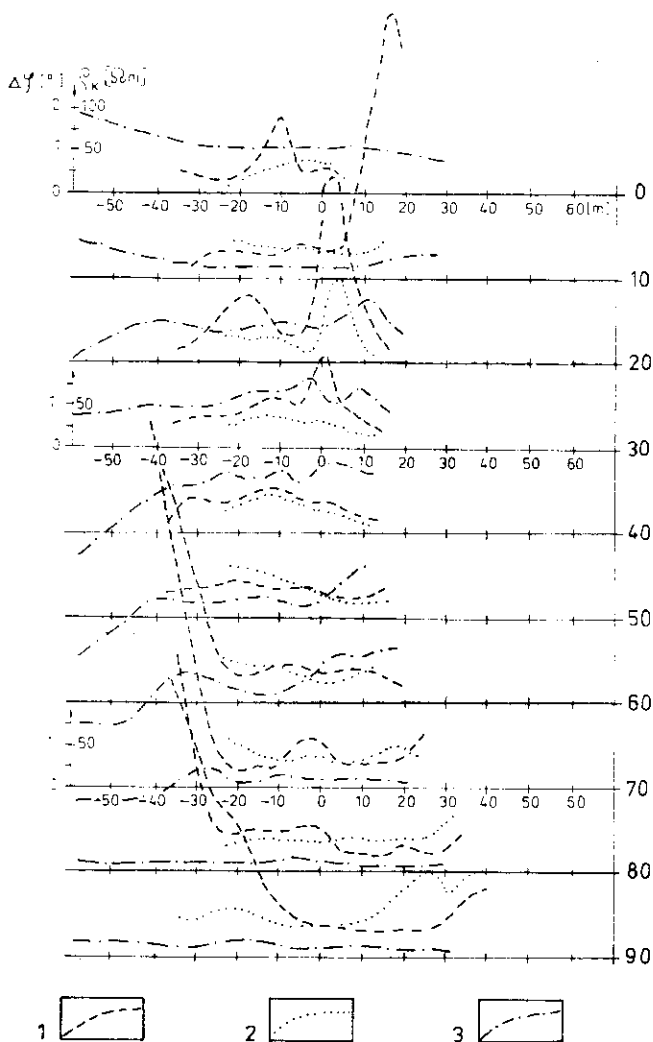
2. Определение ОТП в песках при помощи профилирования методом сопротивления в районе карьера Максим Горький около г. Билина  
 1 — кривая кажущегося удельного сопротивления при установке электродов А20М10N∞В (м); 2 — кривая кажущегося удельного сопротивления при установке электродов А30М10N∞В (м); 4 — схематические индикации ОТП; 5 — водоносность

### Определение ОТП в водоносном слое

Пример, полученный при комплексном плоскостном измерении методами ЭП и ТУРАМ по III-му вскрышному разрезу, показан на рис. 3. Зона этого разреза характеризуется песками и песчанистыми глинами с относительно мощным подповерхностным водоносным горизонтом. Метод ТУРАМ здесь применялся в качестве дополнительного метода с целью определения малодифференцированных водоносных горизонтов, связанных с появлением ОТП.

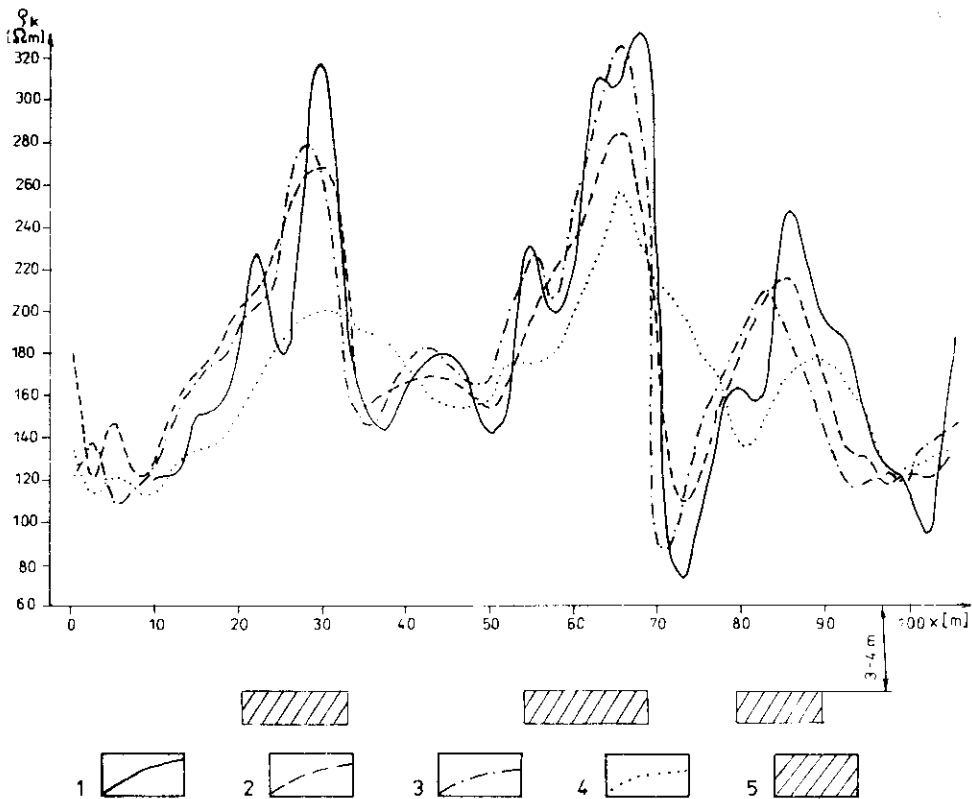
По сравнению профилей на рис. 3 можно установить корреляции измеренных величин только в качественном отношении, т. е. без указания глубины мешающего тела. На основании результатов измерения можно в нижней части обработанной площади интерпретировать полосу ОТП, падающую в подстилающие породы, и докальное аномальное тело в водоносной среде. Благодаря предварительному ознакомлению

с местностью в тектоническом и петрографическом отношениях, совпадение результатов геофизической разведки с действительностью, проверенной буровыми работами, достигает 95 %.



3. Определение ОТП в водоносном слое карьера Максим Горький около г. Билина  
 1 — кривая кажущегося удельного сопротивления при установке электродов А10М5N∞В (м);  
 2 — кривая кажущегося удельного сопротивления при установке электродов А30М10N∞В (м);  
 3 — фазовая кривая

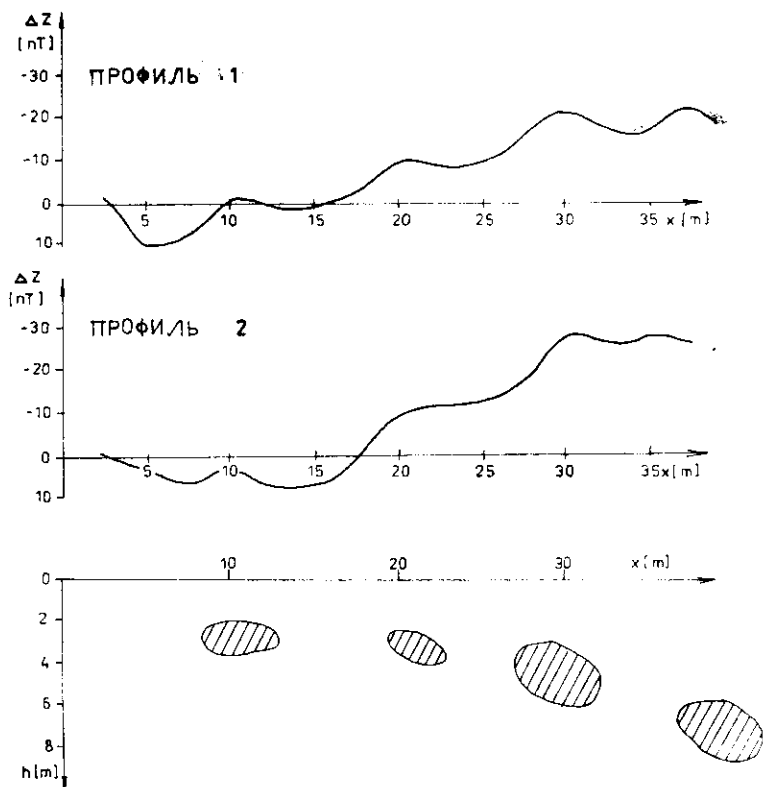
Сравнительно выразительные кривые были получены также при исследовании тел ОТП на глубине 3 – 4 м в условиях водоносности при помощи метода срединного градиента (рис. 4). Измерение здесь проходило, в общем, в идеальных условиях в однородной среде, с ОТП, показывающими отличающиеся величины кажущегося удельного сопротивления по сравнению с вмещающей средой в отношении до 1:100.



4. Исследование ОТП методом срединного градиента на IV-ом вскрышном разрезе карьера Максим Горький около г. Билина  
 1 — кривая кажущегося удельного сопротивления при установке электродов M2,5N (м); 2 — кривая кажущегося удельного сопротивления при установке электродов M5N (м); 3 — кривая кажущегося удельного сопротивления при установке электродов M7,5N (м); 4 — кривая кажущегося удельного сопротивления при установке электродов M15N (м); 5 — схематические индикации ОТП

### Определение железистых конкреций

Пример определения железистых конкреций изображен на рис. 5. Отдельные конкреции можно выделить лишь с трудом. Они образуют неоднородный горизонт, падающий под углом приблизительно 20 - 30°. При решении задач этого рода применяется магнитометрия, хотя только до ограниченной степени, по причине установленного пока небольшого их появления.



5. Проявление железистых конкреций на кривых  $\Delta Z$  в районе карьера Максим Горький около г. Билина

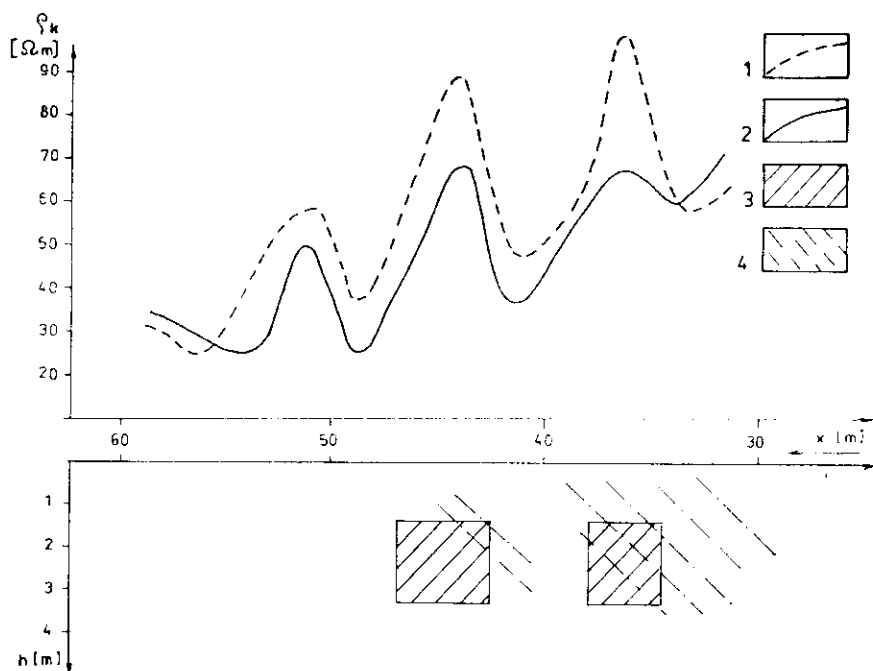
### Определение расположения силицитов

Примером целесообразной комбинации геофизического радиолокационного метода (Bílý in Hašek et al. 1982) и профилирования методом сопротивления с трехэлектродной установкой могут служить результаты работ в зоне IV-го вскрышного разреза, где главным заданием явилась проверка расположения и формы силикатных конкреций на глубине около 4 м. Совпадение обоих измеренных данных (рис. 6) в этом случае очень хорошо.

В качестве дополнительного метода был использован метод мало-глубинной сейморазведки. На основании формы годографов на профиле D (рис. 7) можно заключать, что дело касается многослойной среды (Pant in Hašek et al. 1983). Вблизи поверхности определенные скорости колеблются в пределах  $650 - 1350 \text{ мс}^{-1}$ . Преломляющий гори-



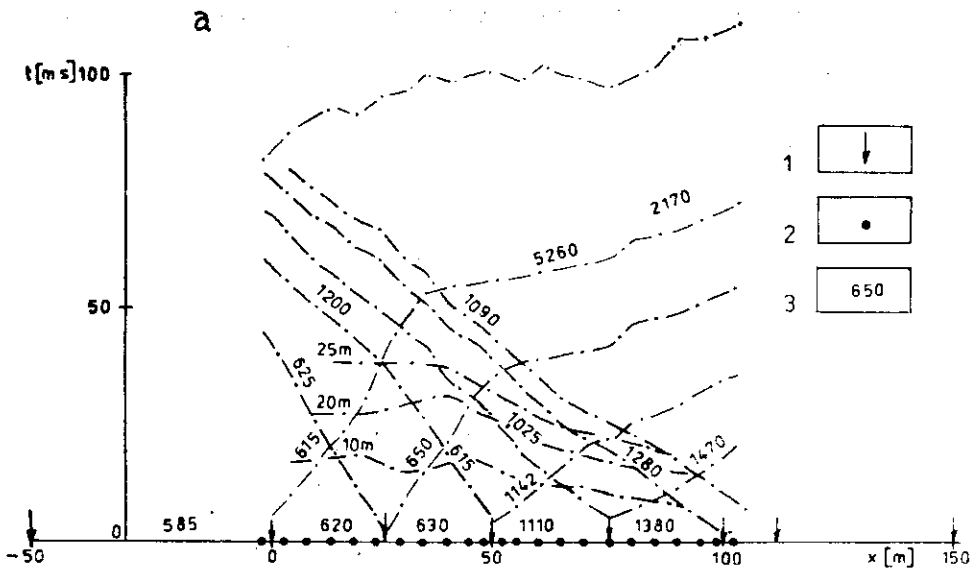
зонт с граничной скоростью распространения волн  $2620 \text{ мс}^{-1}$  совпадает с телом ОТП на глубине 10 – 13 м. Угол падения этого слоя составляет 10 – 12°.



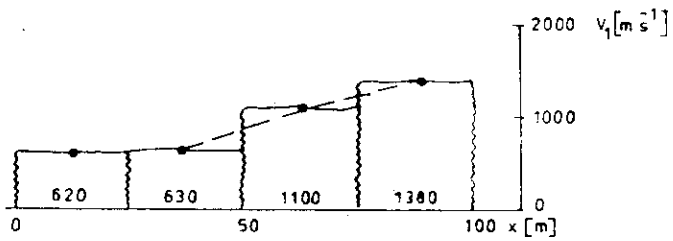
6. Сравнение результатов геофизического радиолокационного метода и профилирования методом сопротивления в зоне IV-го вскрышного разреза карьера Максим Горький около г. Билина  
 1 – кривая кажущегося удельного сопротивления при установке электродов А50М25N (м); 2 – кривая кажущегося удельного сопротивления при установке электродов А100М25N (м); 3 – схематические индикации ОТП по ЭП; 4 – схематические индикации ОТП по ГРМ

### Локализация ОТП перед разрыхляющими взрывами и после них

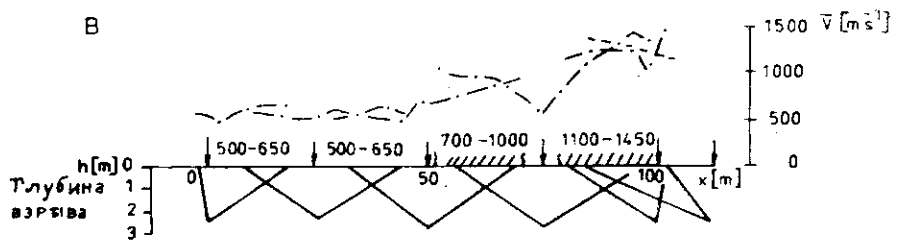
Удобность применения варианта сопротивления метода СДВ (Н-поляризация) при исследовании пелокарбонатных конкреций шириной приблизительно в 20 м на глубине 6 – 8 м перед разрыхляющими взрывами и после них представляется на рис. 8. После разрыхляющих взрывов твердые породы имеют более низкое сопротивление вследствие гомогенизации породы после взрыва.



**б**

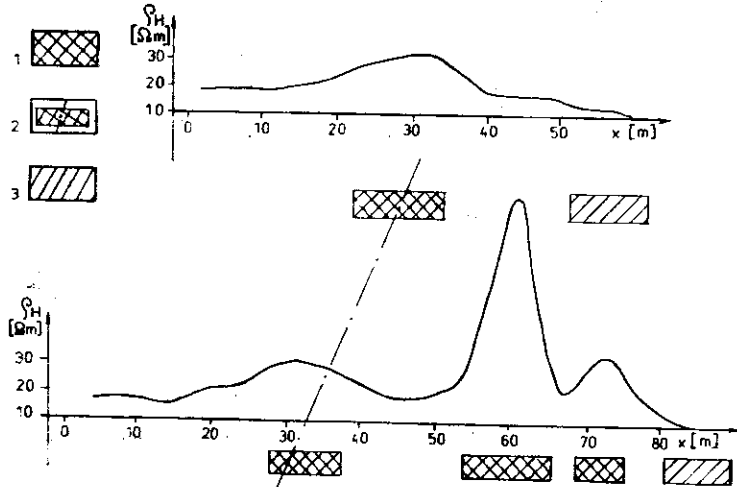


**в**



7. Сейсмическое измерение на профиле D в зоне IV-го вскрышного разреза карьера Максим Горький около г. Билина
- обработка годографов: 1 — источник волн; 2 — положение сейсмоприемников; 3 — скорость распространения продольных волн;
  - определение скорости  $V_1$  на основании годографов;
  - определение скоростей распространения прямых волн  $V$  на основании преувеличения скважина — поверхность

8. Локализация  
ОТП перед  
разрыхляющи-  
ми взрывами  
и после них в  
районе карье-  
ра Максим  
Горький около  
г. Билина  
1 — тело твер-  
дых пород перед  
разрыхляющи-  
ми взрыва-  
ми; 2 — тело  
твердых по-  
род после раз-  
рыхляющих  
взрывов; 3 —  
водоносность



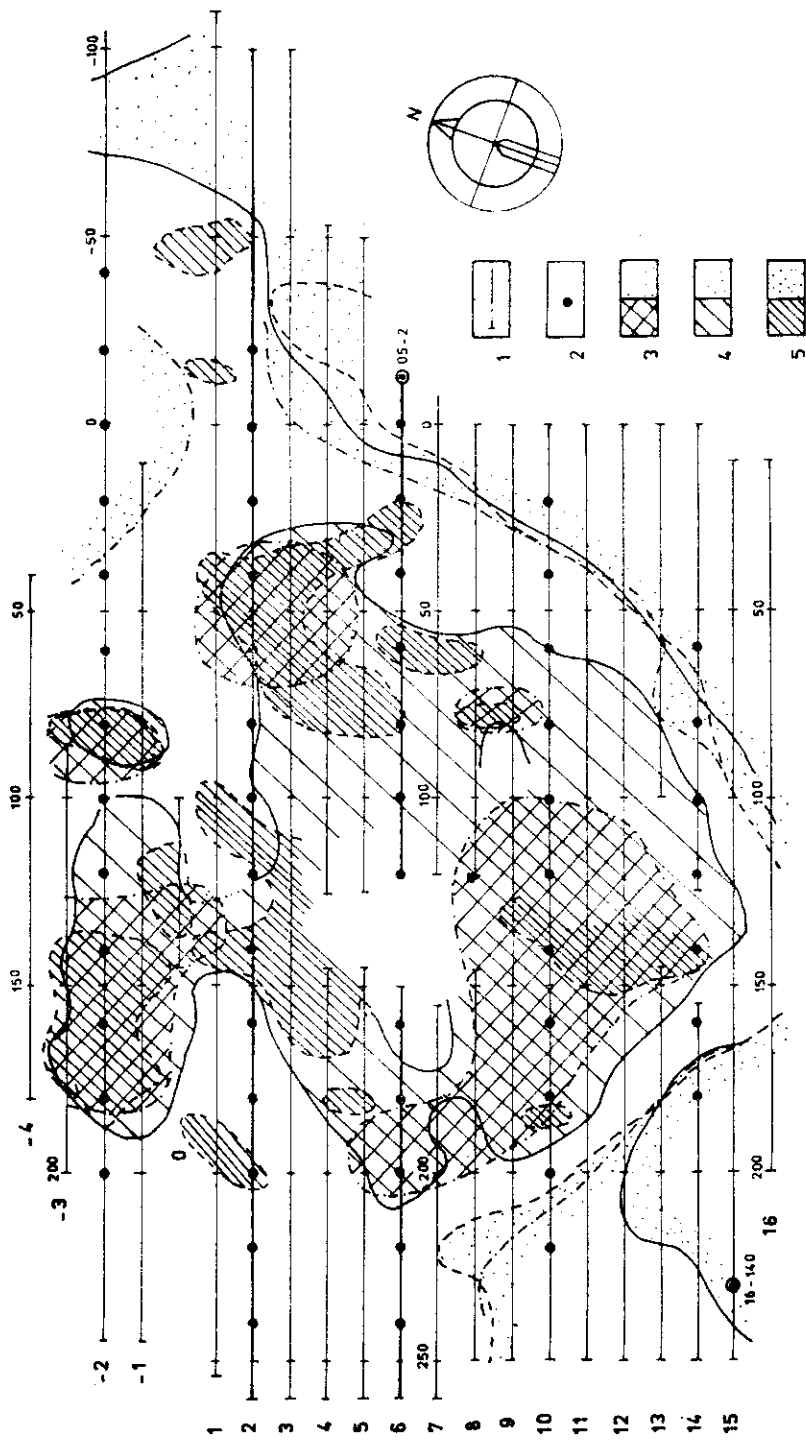
### Карьеры Чехословацкой Армии и Защитников мира около с. Коморжаны

Здесь встречаются простые и удвоенные пропластки на большой площади. Дифференциация сопротивлений и скоростных параметров большая, мощность неоднородностей, однако, невелика и по той причине их индикация является трудной. Вблизи подстилающего слоя имеют ОТП неправильные формы, преимущественно ограниченных линзообразных и плитообразных тел с большим удельным сопротивлением и высокими скоростями распространения сейсмических волн. Влияние близкой кровли осложняет обработку измеренных данных.

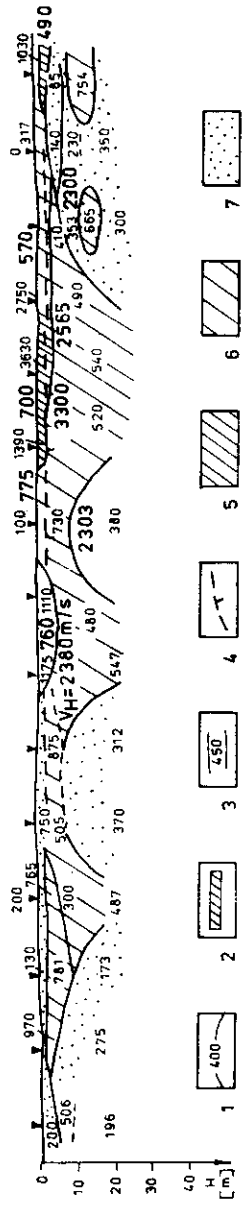
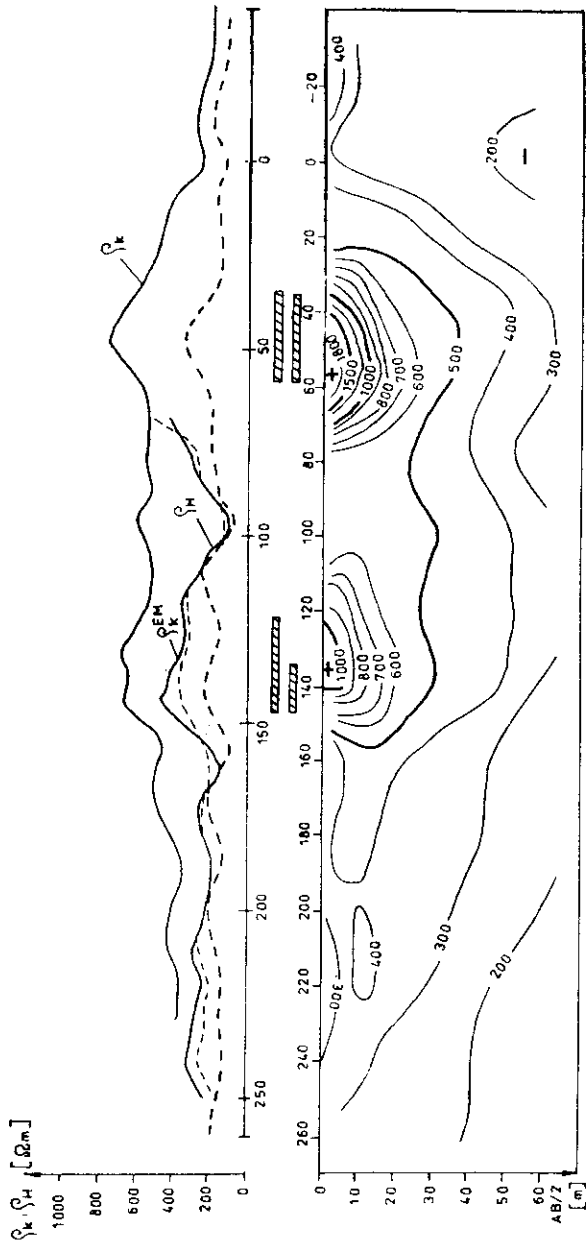
### Определение ОТП в областях накопления обвалов

Проблематика обвалов решалась в области под Езеркой около с. Држинов (Marek 1977, 1980; Rybář 1982). Задачей являлось выделение блоков гнейсовых пород среди пород четвертичного возраста. Применялись следующие геофизические методы: СДВ-С, ЭП, ВЭЗ; ДЭМП (аппаратура EM-31) и малоглубинная сейсморазведка.

Результаты работ приводятся на рис. 9, а сравнение отдельных методов — на рис. 10. Из общих основных материалов вытекает значительная разность удельных сопротивлений четвертичных пород и гнейсов в отношении 1:5. Буровая проверка подтвердила результаты геофизических измерений на 95 %.



9. Корреляционная схема геофизических измерений в районе карьера Чехословацкой Армии около с. Коморжаны  
 1 — измеренные геофизические профили; 2 — положение точек ВЭЗ; 3 — аномальные тела с повышенными или пониженными удельными сопротивлениями по ВЭЗ; 4 — аномальные тела по ЭП; 5 — аномальные тела по методу СДВ



10. Сравнение результатов геофизических работ на разрезе 2 в районе карьера Чехословацкой Армии около с. Коморжаны

1 — изолинии кажущегося удельного сопротивления по ВЭЗ; 2 — интерпретированные тела по ЭП; 3 — геоэлектрическая граница раздела с указанием величин удельных сопротивлений; 4 — сейсмическая граница раздела с указанием величин предельных ( $V_H$ ) и эффективных ( $V_0$ ) скоростей; 5 — удельное сопротивление больше 1000 Ом.м; 6 — удельные сопротивления 450—900 Ом.м; 7 — удельные сопротивления 150—350 Ом.м

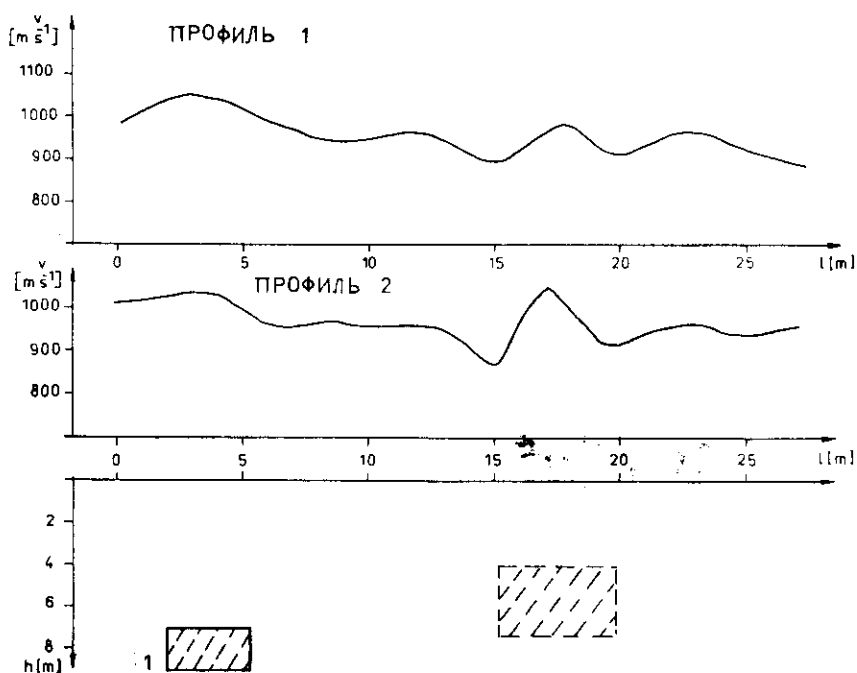
## Карьеры Меркур и Бржезно около с. Тушимице

Здесь встречаются ОТП в виде линзообразных тел с самыми большими размерами в  $10 \times 12$  м и мощностью до 2,5 м. По сопротивлениям они отличаются, а по скоростям распространения сейсмических волн они менее дифференцированы. Остальные физические параметры маловыразительны. На глубине больше 6 м уже нельзя вышеуказанные неоднородности определить.

Кроме вышеприведенного типа ОТП здесь встречаются слои аргиллитов, мелкие конкреции пелосидеритов и приповерхностные тела порцелланитов.

### Определение тел уплотненных глин

На рис. 11 представлены результаты сейсмического профилирования с целью определения тел уплотненных глин. Зона с наличием ОТП характеризуется повышенными скоростями распространения продольных волн (профиль 2). Профиль 1 уже не прошел над телом ОТП, что подтвердилось также при добыче.



11. Определение тел уплотненных глин методом сейсмического профилирования в районе карьеров Наступ-Бржезно около с. Тушимице  
1 — тело твердых аргиллитов с трещинами

## **Определение пелокарбонатных конкреций**

Сопоставление магниторазведки с ЭП над пелокарбонатными конкрециями показано на рис. 12. Из-за небольших размеров нельзя точно определить положение линз на глубине больше 6 м. Аномалия на пикетаже 35 м была проверена буровыми работами. Пример указывает на низкую эффективность применения методов ЭП и магниторазведки при решении задач указанного типа, хотя величины отношения физических параметров по приведенному примеру больше 1:4.

## **Карьеры Хабаржовице**

Здесь встречаются переменные структуры, в том числе тоже порцелланиты, блоки кварцевых песчаников в песчанистых глинах кровли и твердые аргиллиты в неравномерном количестве. Разность физических параметров, за исключением удельного сопротивления, колеблющегося от 3 до  $17 \cdot 10^3$  Ом.м, невелика.

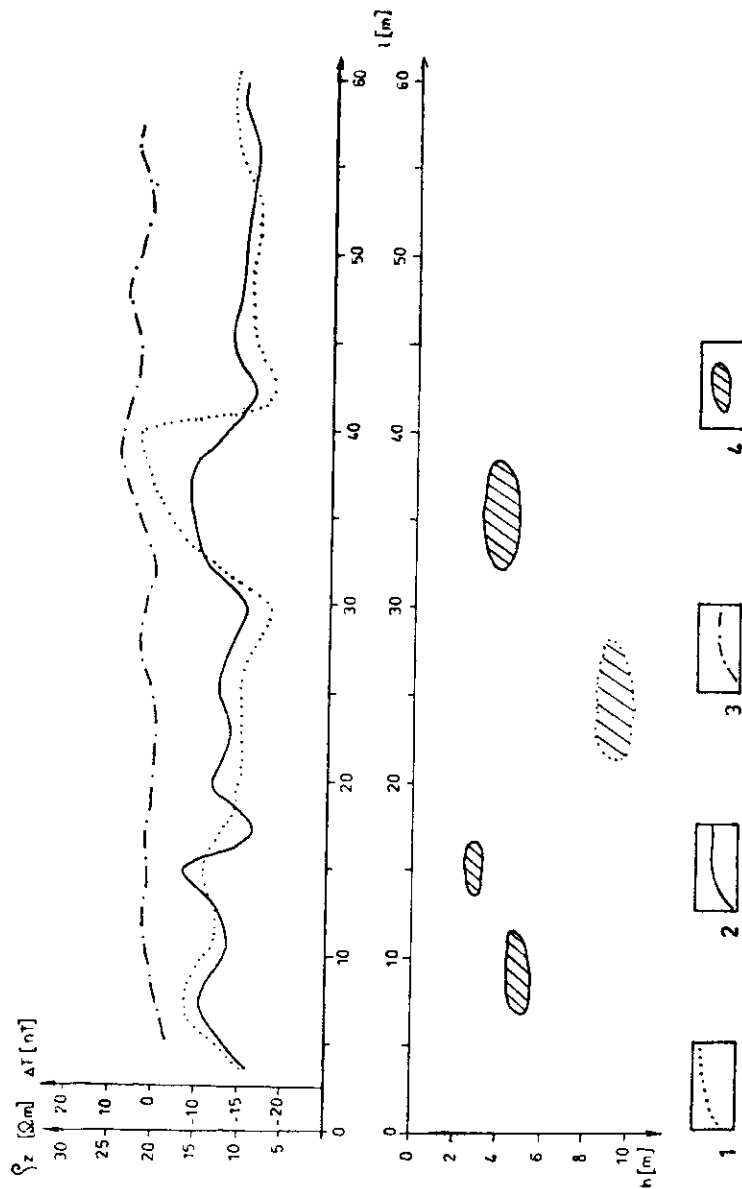
## **Заключение**

В настоящей статье подытожены главные приемы и некоторые практические результаты применения геофизических методов при решении проблематики поисков тел твердых пород в кровле угленосной толщи СББ.

Основной предпосылкой эффективной их выемки во вскрышных и угольных разрезах является необходимое оперативное определение их расположения, вероятной частоты появления и физических свойств.

Применяемые до сих пор методы буровой или же геофизической разведки можно было использовать только частично из-за их ограниченной различающей способности к дифференциации физических свойств ОТП и вмещающих пород, недостаточной точности определения формы и глубины залегания ОТП, а также из-за отсутствия комплексного подхода.

Для целей конкретного решения технологии вскрышных работ, т.е. для назначения характера производства и рабочих процессов в угольных карьерах, целесообразно применение рационально избранного комплекса геофизических методов для плоскостного определения ОТП, дополненного буровыми работами. Хотя и применение комплекса методов в сравнении с применением лишь одного метода замедляет приобретение требуемых результатов, в целях более однозначной интерпретации применение нескольких методов является необходимым.



12. Профилирование методом сопротивления и магниторазведка в области появления пелокарбонатных конкреций в карьере Наступ-Меркур около с. Тушимце  
 1 — кривая кажущегося удельного сопротивления при установке электродов А10М5N10В (м); 2 — кривая кажущегося удельного сопротивления при установке электродов А10М5N∞В (м); 3 — кривая  $\Delta T$ ; 4 — непроверенные или проверенные пелокарбонатные конкреции



Из приобретенного до сих пор опыта вытекает следующее:

- а) Для определения расположения ОТП разного характера, размеров и глубины залегания целесообразно рациональное применение подходящего комплекса прежде всего методов электроразведки, дополненных малоглубинной сейсморазведкой или магниторазведкой (градиентное измерение).
- б) Геофизические методы могут с хорошим результатом применяться при исследовании ОТП больших размеров пока до глубины 8 - 10 м. Если требуется картирование ОТП в пределах всего вскрышного разреза, т.е. до глубины даже 25 м, необходимым является производство большего объема параметрических измерений.
- в) ОТП разного типа, обладающие физическими свойствами, отличающимися от вмещающей среды, можно при помощи применяемых методов определить довольно верно, в отличие от неоднородных тел небольших размеров (до 0,5 м<sup>3</sup>), обладающих менее отличающимися физическими параметрами и находящихся в неоднородной вмещающей среде (чередование песков, водоносных слоев и др.) на большей глубине.
- г) Предлагаемая методика геофизических работ в целях определения расположения ОТП соответствует условиям СББ относительно оперативности решения задачи, а также значительных помех, вызываемых интенсивной промышленной деятельностью.
- д) В целях немедленной обработки измеренных данных целесообразно соединение полевых измерений с обработкой данных на вычислительных машинах.

Актуальность решаемой проблематики в условиях Северочешского бассейна совершенно безусловно требует тесного сотрудничества всех заинтересованных частей, а именно как при проектной подготовке задания, производстве измерений и оценке конечных результатов, так и при размещении проверочных буровых работ. Только при выполнении этих условий может также геофизика содействовать обеспечению непрерывной добычи угля открытым способом в данной области.

*K tisku doporučil K. Müller*

*Přeložili A. Měřínská a A. Kříž*

## Литература

- Fischer, Z. (1957): Problematika pevných poloh. Výzkum sz. oblasti severočeské uhelné pánve. — MS Severočes. hnědouhel. doly, Most.
- Hašek, V. et al. (1981): Vývoj geofyzikálních metod pro vyhledávání dutin a jiných přípovrchových nehomogenit. — MS Geofond, Praha.
- (1982): Výzkum komplexu geofyzikálních metod pro hnědouhelné pánve. — MS Geofond, Praha.
- (1983): Výzkum komplexu geofyzikálních metod pro podkrušnohorské pánevní oblasti. — MS Geofond, Praha.
- Marek, J. (1977): Inženýrskogeologické problémy vyvolané rozšířením uhelných velkolomů k úpatí Krušných hor. — Geol. Průzk., 19, 6, 164—166. Praha.
- (1980): Průzkum kvartéru v oblasti Kateřinohorské klenby Krušných hor a v přílehlé oblasti severočeské pánve. — Geol. Průzk., 22, 3, 65—68. Praha.
- Rybář, J. (1982): Fosilní svahové deformace na jižním svahu Krušných hor. — Sbor. ref. Stav. fak. Vys. uč. techn. Brno.
- Uhlík, J. (1975): Výzkum možností stanovení oblastí s výskytem těžce rozpojitelného nadloží geofyzikálními metodami. — MS Výzk. úst. hněd. uhlí. Most.
- (1978): Geofyzikální výzkum v provozech povrchových dolů. — MS Výzk. úst. hněd. uhlí. Most.
- (1980): Geofyzikální výzkum v provozech povrchových dolů. — MS Výzk. úst. hněd. uhlí. Most.
- (1983): Výzkum úložných poměrů a vlastností nadložních zemín geofyzikálními metodami. — MS Výzk. úst. hněd. uhlí. Most.

## **Geofyzikální výzkum pevných poloh v nadloží souvrství hnědouhelných slojí severočeské pánve**

*(Résumé ruského textu)*

Vladimír Hašek - Jaroslav Uhlík

Předloženo 15. března 1988

Inhomogenity v nadloží souvrství hnědouhelných slojí i v uhelné sloji samé lze definovat jako lokální porušení celistvosti vrstvy nebo sloje, které způsobuje, že při těžbě dochází ke změně dobývacích podmínek, nebo k nutnému provedení bezpečnostních opatření.

Podle geneze je můžeme v prostoru severočeského hnědouhelného revíru rozdělit do několika skupin: dutiny, zvodněné polohy, tektonicky porušené polohy, polohy kausticky přeměněných hornin a velmi tvrdé polohy skalních hornin (tab. 1). S ohledem k zatížení dobývacích strojů a změně těžební technologie v oblasti velmi tvrdých poloh (dále jen VTP) je tento typ slojových a vrstevních inhomogenit nejdůležitější. VTP mohou být syngenetického i epigenetického původu. Jsou to polohy narušující izotropii a homogenitu horninového prostředí, které svou tvrdostí komplikují plynulost dobývání, a to ať již mechanickým obrusem, nebo lomivostí vlastních rypných zařízení. Způsobují nadměrné zatížení nebo změnu výkonu pohonných agregátů. Výsledkem je kusovitost při výlomu bloků a tím narušení pásové dopravy.

Velmi tvrdé polohy v terciérním nadloží hnědouhelných slojí můžeme rozdělit podle petrografického charakteru zpracovaného Fischerou (1957) do několika skupin:

- a) pískovcové a slepencové vložky,
- b) pelosideritové konkrce,
- c) sideritové nebo limonitové konkrce,
- d) jílovcové lavice,
- e) karbonátové a pelokarbonátové vtroušeniny a konkrce,
- f) křemence a silicity.

Základním předpokladem jejich efektivního dobývání ve skrývkových a uhelných řezech je nutnost operativního zjištění výskytu, pravděpodobné četnosti a fyzikálních vlastností.

Dosud používané metody vrtného, popř. i geofyzikálního průzkumu měly v důsledku omezených rozlišovacích vlastností některých inhomogenit, přesnosti při určení tvaru, hloubky a v neposlední řadě i bez komplexního přístupu pouze částečné využití.

Pro účely konkrétního řešení technologie dobývání, tj. k určení charakteru provozu a pracovních postupů v uhelných lomech, je účelné použít racionálně zvolený komplex geofyzikálních metod pro plošné zjišťování výskytu VTP, doplňovaný vrtnými pracemi.

I když komplex metod — oproti uplatnění pouze jedné metody — zpomaluje získávání požadovaných výsledků, z důvodu jednoznačnější interpretace je aplikace více metod nutná.

Pro účely lokalizace VTP různého charakteru, rozměru a hloubky je účelné použití vhodného komplexu zejména geoelektrických metod (tab. 5), vhodně doplněných mělkou seizmickou, případně i magnetometrií (gradientové měření).

Geofyzikální metody mohou být uplatněny s pozitivním výsledkem při sledování VTP větších rozměrů prozatím do hloubek 8—10 m. V případě požadavku na jejich vymapování v celém prostoru skrývkového řezu, tj. do hloubek až 25 m, je nutná realizace většího objemu parametrických měření. VTP různého typu a s fyzikálními vlastnostmi odlišnými od okolního prostředí mohou být poměrně spolehlivě zachyceny používanými metodami na rozdíl od inhomogenit malých rozměrů (do 0,5 m<sup>3</sup>) a s méně odlišnými fyzikálními parametry, umístěných v inhomogenním prostředí (polohy písků, zvodnění apod.) ve větších hloubkách.

Navržená metodika geofyzikálních prací pro řešení VTP vyhovuje podmínkám severočeského hnědouhelného revíru jak z hlediska operativnosti řešení úlohy, tak i pro značné rušení způsobené intenzivní průmyslovou činností, velkým přesunem hmot aj.

Aktuálnost řešené problematiky v podmínkách severočeské pánve vyžaduje nezbytně úzkou součinnost všech zainteresovaných složek, a to jak ve stadiu projekční přípravy úkolu, při vlastním měření a závěrečném hodnocení celé akce, tak i při situování ověřovacích vrtných prací. Jedině za splnění těchto předpokladů může být i geofyzika nápomocna při zajišťování plynulého povrchového dobývání uhlí v této oblasti.

#### Vysvětlivky k tabulkám

- Tabulka 1. Obecné rozdělení inhomogenit v severočeské pánvi.
- Tabulka 2. Rozdělení velmi tvrdých poloh podle chemismu, pojiva a tvaru.
- Tabulka 3. Fyzikálně mechanické vlastnosti hlavních typů VTP.
- Tabulka 4. Fyzikální vlastnosti nadložního souvrství a uhlí.
- Tabulka 5. Přehled použitelnosti jednotlivých geofyzikálních metod pro různé typy VTP.

**Tabulka 6.** Hloubkový dosah jednotlivých geofyzikálních metod a časových norem pro VTP.

**Tabulka 7.** Prognózní tabulka VTP pro oblast Velkolomu Maxim Gorkij, Bělina.

### Vysvětlivky k obrázkům

1. Zpracování křivek kombinovaného odporového profilování.  
1 — interpretovaná anomální tělesa; 2 — ověřené VTP.
2. Projev VTP v písčích za pomoci metody odporového profilování v prostoru Velkolomu Maxim Gorkij, Bělina.  
1 — křivka zdánlivého měrného odporu pro uspořádání elektrod A20M10N∞B (m);  
2 — křivka zdánlivého měrného odporu pro uspořádání elektrod A30M10N∞B (m);  
3 — křivka zdánlivého odporu pro uspořádání elektrod A40M20N∞B (m); 4 — schematické indikace VTP; 5 — zvodnění.
3. Lokalizace VTP ve zvodnělé vrstvě Velkolomu Maxim Gorkij, Bělina.  
1 — křivka zdánlivého měrného odporu pro uspořádání elektrod A10M5N∞B (m);  
2 — křivka zdánlivého měrného odporu pro uspořádání elektrod A30M10N∞B (m);  
3 — fázová křivka.
4. Sledování VTP metodou středového gradientu na IV. skrývkovém řezu Velkolomu Maxim Gorkij, Bělina.  
1 — křivka zdánlivého měrného odporu pro uspořádání elektrod M2, 5N (m); 2 — křivka zdánlivého měrného odporu pro uspořádání elektrod M5N (m); 3 — křivka zdánlivého měrného odporu pro uspořádání elektrod M7, 5N (m); 4 — křivka zdánlivého měrného odporu pro uspořádání elektrod M15N (m); 5 — schematické indikace VTP.
5. Projev železitých konkrecí na křivkách ΔZ z prostoru Velkolomu Maxim Gorkij, Bělina.
6. Porovnání výsledků geofyzikální radiolokační metody a odporového profilování z prostoru IV. skrývkového řezu Velkolomu Maxim Gorkij, Bělina.  
1 — křivka zdánlivého měrného odporu pro uspořádání elektrod A50M25N (m);  
2 — křivka zdánlivého měrného odporu pro uspořádání elektrod A100M25N (m);  
3 — schematické indikace VTP podle OP; 4 — schematické indikace VTP podle GRM.
7. Seizmické měření na profilu D z prostoru IV. skrývkového řezu Velkolomu Maxim Gorkij, Bělina.  
a) zpracování hodochron: 1 — zdroj vlnění; 2 — poloha geofonů; 3 — rychlost podélných vln; b) určení rychlostí  $V_1$  z hodochron; c) stanovení rychlostí přímých vln  $V$  z prozařování vrt-povrch.
8. Lokalizace VTP před a po nářasné střelbě z prostoru Maxim Gorkij, Bělina.  
1 — pevná poloha před nářasnou střelbou; 2 — pevná poloha po nářasné střelbě;  
3 — zvodnění.
9. Korelační schéma geofyzikálního měření z lokality Velkolom Čs. armády, Komořany.  
1 — proměřené geofyzikální profily; 2 — poloha bodů VES; 3 — anomální tělesa o zvýšených, resp. snížených měrných odporech podle VES; 4 — anomální tělesa podle SOP; 5 — anomální tělesa podle metody VDV.
10. Porovnání výsledků geofyzikálních prací na profilu 2 lokality Velkolom Čs. armády, Komořany.  
1 — izolinie zdánlivých měrných odporů podle VES; 2 — interpretovaná anomální tělesa podle OP; 3 — geoelektrická rozhraní s udáním velikostí měrných odporů;

- 4 — seismické rozhraní s udáním velikostí hraničních ( $V_H$ ) a efektivních ( $V_e$ ) rychlostí; 5 — měrné odpory  $>1000$  ohmm; 6 — měrné odpory 450—900 ohmm; 7 — měrné odpory 150—350 ohmm.
11. Zjišťování polohy pevných jílu metodou seismického profilování z prostoru Dolů Nástup, Tušimice-Březno.
12. Odporové a geomagnetické profilování z prostoru výskytu pelokarbonátových konkréí — Doly Nástup, Tušimice-Merkur.
- 1 — křivka zdánlivého měrného odporu pro uspořádání elektrod A10M5N10B (m);  
2 — křivka zdánlivého měrného odporu pro uspořádání elektrod A10M5N>B (m);  
3 — křivka anomálií  $\Delta T$ ; 4 — neověřené, resp. ověřené pelokarbonátové konkréce.

**Geophysical research into solid strata  
in the overlie of the brown coal seams  
formation of the North Bohemian Basin**

The occurrence of very hard layers — pelosiderites, sandstones and silicites — causes considerable complications in mechanical removal of overlying rocks of the brown coal seams formation in surface mines of the North Bohemian Brown Coal District. Up to the present their determination has been performed chiefly by means of borehole survey but this technique is rather lengthy and without prospects of an increase in productivity and safety of work. Therefore economical and time-saving geophysical methods have been employed to detect the solid strata.

The paper summarizes the methodology of the methods used for and practical experience gained from solving the above problems in the North Bohemian Brown Coal District. Several examples document the results of geophysical activity and the subsequent verification works.

*Přeložila T. Hlavatá*