

23. Садовский М.А. Естественная кусковатость горной породы // ДАН СССР. – 1979. -Т. 274, №4. -С. 829-831.
24. Основы сейсмоэлектроразведки / О.А. Потапов, С.А. Лизун, В.Ф. Кондрат и др. – М., 1995. -268 с.
25. Арутюнов С.Л., Графов Б.М., Сиротинский Ю.В. Анчар – уникальная технология прямого поиска нефтегазовых месторождений // Геоинформатика. – 1998. -№3. -С. 12-15.
26. Мушин И.А. Нефтегазовая сейсморазведка и сейсморазведчики в начале XXI века // Геофизика. – 1999. - №1. -С. 11-17.

УДК 550.837

## ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАЗРЕЗА ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА И ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ФУНДАМЕНТА ЦЕНТРА ВКМ

И.В. Притыка, Н.И. Белов, А.А. Великанов, С.Н. Закутский, Е.В. Чуева

*Воронежский государственный университет*

На основании анализа результатов каротажа, переинтерпретации материалов ВЭЗ и анализа литературных данных выполнена оценка физических свойств основных комплексов пород осадочного чехла и верхней части фундамента территории листа М-37-1. В связи с тем, что наибольший объем исследований среди геофизических методов выполнен электроразведкой, основное внимание уделено электрическим свойствам пород разреза. Выделены наиболее активные в электрическом отношении границы разреза. Считается, что, основываясь на имеющихся априорных геологических данных, полученных после проведения ВЭЗ, можно повысить достоверность интерпретации кривых кажущегося сопротивления и разрешающую способность метода.

В 90-е годы 20-го столетия большое внимание уделялось геологическому доизучению площадей в масштабе 1:200 000 (ГДП – 200) с решением большого круга геологических, инженерно-геологических, экологических задач. Решение части этих задач невозможно без применения геофизических методов, ведущую роль в которых по праву играет электроразведка. Основной их этих задач, решение которой подвластно лишь электроразведке методом вертикальных электрических зондирований и сейсморазведке (более точной, но дорогой), является расчленение разреза по вертикали, т.е. выделение субгоризонтальных слоев, различающихся по удельному электрическому сопротивлению.

Очевидно, что в период экономического развала в стране проведение ГДП – 200 нецелесообразно, поэтому и было принято решение нового состава Министерства природных ресурсов направить основные усилия всех своих подразделений на поиски приоритетных видов полезных ископаемых. На территории ВКМ основным «хранилищем» полезных ископаемых являются докембрийские отложения архея и протерозоя, залегающие на глубинах от 100 до 500 и более метров. Достаточно детальное изучение этих отложений проводилось, как правило, гравимагнитными методами и, в меньшей мере, электроразведкой и сейсморазведкой, ориентированных в основном на решение инженерно-геологических и гидрогеологических задач. Изучение же пород докембрийского фундамента этими методами невозможно без детального изучения перекрывающих их осадочных отложений, отличающихся различной степенью дифференцированности по электрическим

свойствам друг относительно друга и относительно кристаллических пород фундамента. Ниже дается детальный анализ физических свойств осадочных пород и кристаллического массива на основании физико-геологической модели геологического разреза территории листа М – 37 – I (рис. 1).

Покровные отложения, представленные современными гумусовыми отложениями, иногда песками, суглинками и другими породами, характеризуется довольно широким диапазоном удельных электрических сопротивлений – от 12 до 150 Ом·м (наиболее часто встречающиеся значения – 29 – 61 Ом·м). Несмотря на их небольшую мощность – от 0.5 до 3 м (рис. 2) – их влияние на вид кривых  $\rho_k$  ВЭЗ значительно – в зависимости от их удельного сопротивления левая ветвь кривых ВЭЗ меняется от восходящей к нисходящей со всеми промежуточными положениями.

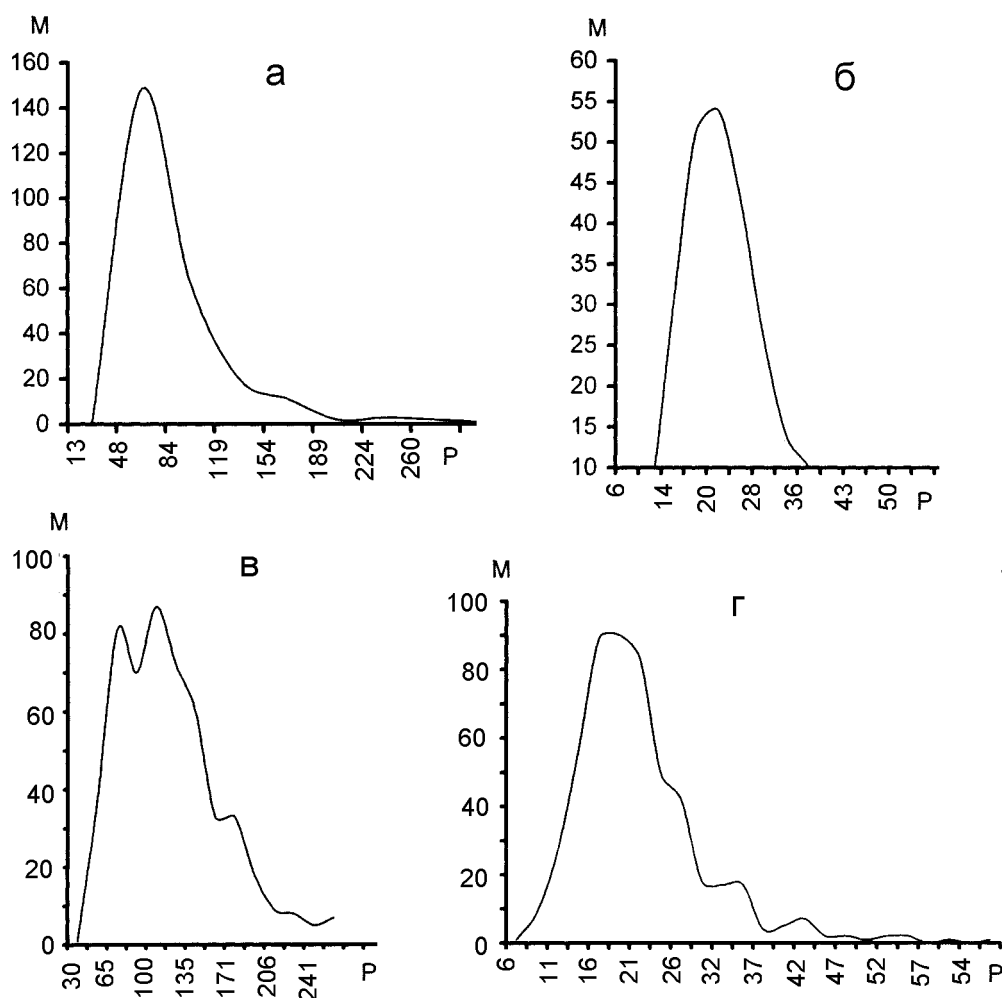
Перекрываемые ими отложения четвертичного, неогенового и палеогенового возрастов представлены суглинками, глинами и песками. Удельное сопротивление этой толщи определяется преобладанием в разрезе песчаной и глинистой фракцией и меняется в пределах от 10 до 50 Ом·м при колебаниях мощности от 5 до 50 метров. Практически все отложения вышеуказанных возрастов можно объединить в один слой со средним удельным электрическим сопротивлением 20 Ом·м и мощностью около 15 метров (рис. 3). Как правило, этот слой отмечается на кривых  $\rho_k$  ВЭЗ низкоомным горизонтом.

Меловые отложения на территории Воронежской антеклизы наиболее распространены, а их мощность колеблется от 2 до 145 метров. На северо-

Группа система	Отдел	Ярус	Индекс	Литологическая колонка	Мощность, м	Физические свойства										
						Удельное электрическое сопротивление, Ом.м				Плотность, г/см <sup>3</sup>						
						Р <sub>ср</sub>	Р <sub>мин</sub>	Р <sub>макс</sub>		20	40	60	80	σ <sub>ср</sub>	σ <sub>мин</sub> σ <sub>макс</sub>	1.5
Неогеновая	Плиоцен		N <sub>2</sub>		1-7					2.0/1.65-2.37						
	Олигоцен и миоцен		P <sub>3</sub> <sup>2</sup> -N <sub>1</sub> <sup>1</sup> pl		9-18	51 25-78				1.55/1.36-2.2						
Палеогеновая	Эоцен	Верхний	P <sub>2</sub> <sup>3</sup> hr		1,5-12	42/21-63										
		Средний	P <sub>2</sub> <sup>2</sup> kv		3-16	20/12-41										
		Нижний-средний	P <sub>2</sub> <sup>1,2</sup> kn+bc		до 34 м	40 28-69				1.96 1.72-1.52						
Меловая	Верхний	Кампанский-маастрихтский	K <sub>2</sub> km+m		3-12	46/32-62				2.2/1.5-2.8						
		Сантонский	K <sub>2</sub> st		7-94	30 20-70				1.48 1.4-1.8						
		Коньякский	K <sub>2</sub> k		до 30	83				1.64						
		Туронский	K <sub>2</sub> t		до 20	65-200				1.21-2.06						
	Нижний	Сеноманский	K <sub>2</sub> s		3-12					1.95		1.72-2.52				
		Альбский	K <sub>1</sub> al		20 -22	74 42-110										
		Аптский	K <sub>1</sub> a		до 17											
		Бериаский-барремский	K <sub>1</sub> b-br		20 -25	17 4-32										
		Юрская	Верхний	Волжский	J <sub>3</sub> v <sub>1</sub>		15-35					2.0		1.65-2.3		
				Оксфордский	J <sub>3</sub> o		14-29	12,5 5-26								
Средний	Келловейский		J <sub>2</sub> k		10											
	Батский		J <sub>2</sub> bt		до 60	51 21-94				1.9 1.6-2.44						
Девонская	Верхний	Франский	D <sub>3</sub> vr		2,5-7	23				2.2/1.8-3.1						
			D <sub>3</sub> pt		4-11,5	7-48				1.9/1.3-2.5						
			D <sub>3</sub> sm		7-17											
			D <sub>3</sub> sr		7-11 до 18	78 60-98				2.46 1.96-2.9						
			D <sub>3</sub> tm		20	23 7-48				2.16 1.8-3.1						
			D <sub>3</sub> ps		8,5-15	46 32-42										
	Средний	Живетский	D <sub>2</sub> ml		2,5-3,5					2.05		1.65-2.45				
			D <sub>2</sub> ar		7-14	22 7-48										
			D <sub>2</sub> yv		4-30											
			D <sub>2</sub> ms		15-20	78/60-98				2.5/2.0-2.9						
Средний	Эйфельский	D <sub>2</sub> kl		12-22	22 7-48				2.17 1.66-2.92							
		D <sub>2</sub> dr		0-7												
Нижний	Эмский	D <sub>1</sub> rs		1-3												
			PR-D?		до 31											
Архей и протерозой			AR-PR													

Рис. 1. Физико-геологическая модель территории листа М – 37 – I.

горных пород											
Магнитная восприимчивость $10^{-6}$ ед. СГС		Естественная радиоактивность мкР/час			Скорость продольных волн, км/сек			Пористость, %			
$\chi$ ср	0 20 40	$\gamma$ ср	0 5 10 15	$V_p$ ср.	2 3 4	$\eta$ ср.	0 10 20 30 40				
$\chi_{\text{мин}}-\chi_{\text{макс}}$		$\gamma_{\text{мин}}-\gamma_{\text{макс}}$		$V_{\text{мин}}-V_{\text{макс}}$		$\eta_{\text{мин}}-\eta_{\text{макс}}$					
$\frac{50}{5-100}$		$\frac{8.5}{7.5-10}$ $\frac{5.4}{4-7.5}$		$\frac{1.7}{1.0-1.8}$ $\frac{1.6}{1.15-2.8}$		$\frac{35}{2-55}$					
10/10		$\frac{8.5}{7.5-10}$		$\frac{1.6}{1.15-2.8}$		$\frac{35}{2-55}$					
$\frac{5}{1-50}$		$\frac{14}{10-18}$		$\frac{1.9}{1.7-2.15}$		$\frac{25}{2-42}$					
$\frac{3}{1-50}$		$\frac{5.5}{3.5-7.5}$		$\frac{1.8}{1.5-2.2}$		$\frac{17}{2-31}$					
$\frac{50}{5-100}$		$\frac{14.6}{11-17}$		$\frac{2.0}{1.5-2.6}$		$\frac{32}{17-43}$					
$\frac{10}{1-100}$		$\frac{4.5}{3.5-7.3}$		$\frac{1.7}{1.2-2.8}$		$\frac{23}{4-42}$					
$\frac{50}{1-90}$		$\frac{7.3}{5.9-9.1}$		$\frac{2.3}{1.3-2.5}$		$\frac{33}{15-40}$					
17/1-50		$\frac{4.6}{11-7}$ $\frac{4.5}{3.2-6.1}$		$\frac{2.7}{2.0-3.5}$		$\frac{12.6}{10.4-15.1}$					
$\frac{13}{1-100}$		$\frac{7.3}{5.9-9.1}$		$\frac{2.3}{1.3-2.5}$ $\frac{1.6}{1.15-2.8}$		$\frac{19}{12-21.5}$ $\frac{32}{19-45}$					
10		$\frac{13}{11.2-16.5}$		$\frac{4}{3-5.2}$		$\frac{12.4}{10.2-14.5}$ $\frac{18.4}{17.8-18.8}$					
21/1-100		$\frac{7.3}{5.6-9.9}$		$\frac{2.4}{1.3-2.5}$		$\frac{17}{16.3-18.2}$					
$\frac{10}{1-100}$		$\frac{13}{11.2-16.2}$		$\frac{2.4}{1.3-2.5}$		$\frac{22}{22-23}$					
		$\frac{7.3}{5.6-9.9}$ $\frac{13}{11.2-16.2}$		$\frac{4.5}{3.0-5.2}$ $\frac{2.2}{1.3-2.5}$		$\frac{18.4}{17.8-18.8}$ $\frac{27}{24.5-29.4}$					



**Рис. 2. Вариационные кривые удельных электрических сопротивлений основных геоэлектрических горизонтов:** а – покровные отложения; б – неоген-четвертичные отложения; в – меловые отложения; г – юрско-девонские отложения.

западе листа (по линии Курск – Беседино) они с разрывом залегают на юрских образованиях, южнее этой линии – на девонских.

Отложения меловой системы делятся на две различные по литологии толщи – верхнюю – преимущественно карбонатную, представленную породами кампанского, маастрихтского, сантонского и туронского ярусов, и нижнюю – терригенную в объеме сеноманского, альбского, аптского и неокомского ярусов.

Верха меловых отложений (кампан и маастрихт) представлены алевритами и алевролитами с удельными сопротивлениями 32 – 62 Ом·м. (среднее значение – 46 Ом·м).

Сантонские отложения без видимого перерыва залегают на коньякских и характеризуются большой фациальной изменчивостью пород (от мела до мергеля). Отложения сантона в нижней части представлены белыми, мелоподобными мергелями, не отличающимися на первый взгляд от мела, однако они более плотные с раковистым изломом. Выше по разрезу они переходят в более глинистые мергели, сменяющиеся в свою очередь, опоковидными мергелями, опоковидными глинами и песчаниками.

Мощность мергельных отложений непостоянна и меняется в довольно широких пределах (7 – 94 м), примерно в таких же пределах изменяются удельные электрические сопротивления – 20 – 70 Ом·м. при среднем значении в 30 Ом·м.

Ниже по разрезу на осадках сеномана с разрывом залегают монотонная толща отложений туронского яруса. По литологическим признакам ее можно разделить на две части – нижнюю, представленную песчаным мелом, и верхнюю, сложенную чистым белым писчим мелом. Нижняя толща мощностью 0.5 – 4 м сложена белым мелом, очень грубым, жестким на ощупь, сильно опесчаненным (сурка). В низах мела практически повсеместно отмечено наличие фосфоритовых отложений в виде отдельных желваков либо целых фосфоритовых плит мощностью до 1.5 – 2 м. Следует отметить высокую плотность и удельное электрическое сопротивление фосфоритовых плит – от 120 до 550 Ом·м. В этой связи интересен вопрос о влиянии этих отложений на характер распространения электрического поля, чему будет уделено должное внимание ниже.

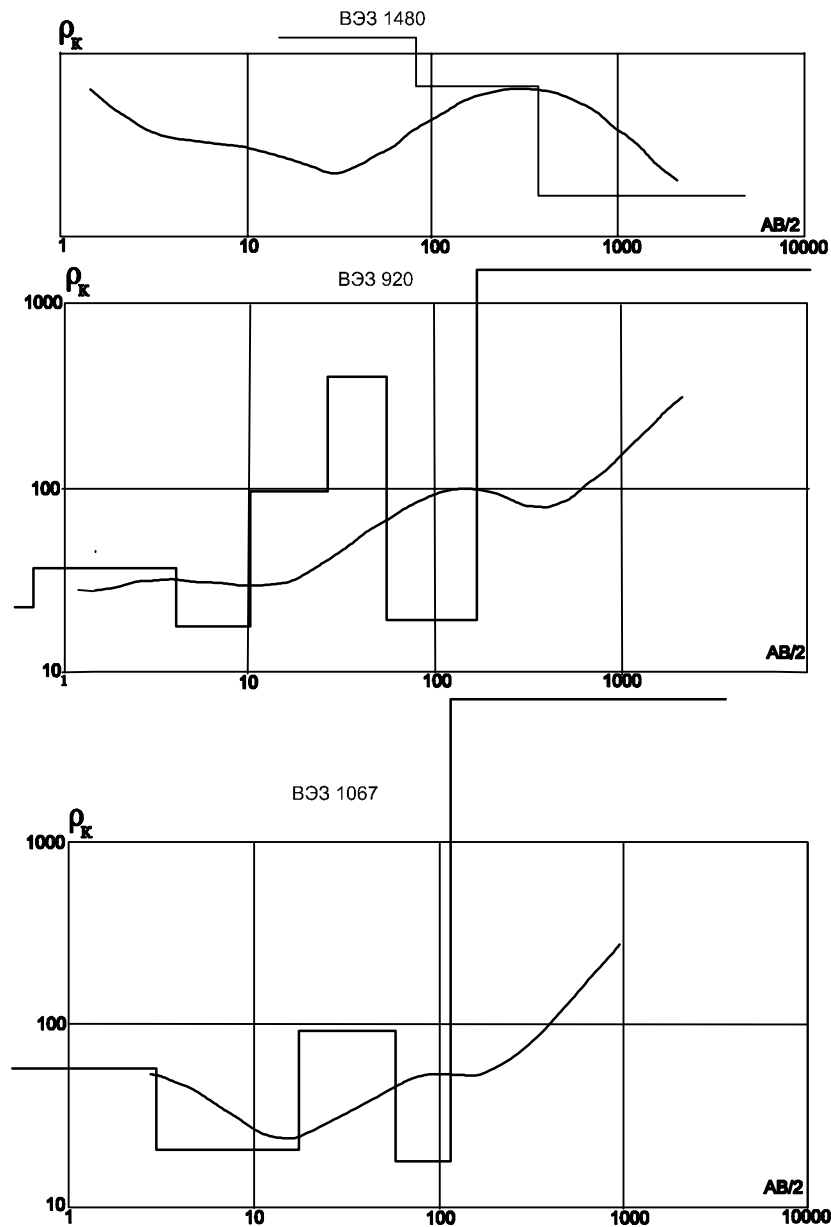


Рис. 3. Типовые кривые  $\rho_k$  ВЭЗ.

Верхнюю часть тулона составляет внешне весьма однородная толща белого и желтовато-белого мела с заметной трещиноватостью, поверхность которых покрыта окислами марганца и гидроокислами железа, заполнены они серовато-зеленой известковистой глиной. В мелах наблюдаются процессы карстообразования, карстовые пустоты чаще всего выполнены кайнозойскими образованиями.

Мощность отложений мела ( $K_{2st} + sn$ ) колеблется в пределах 0.5 – 40 метров, а удельное сопротивление от 65 до 200 Ом·м ( $\rho_k = 82.5$ ).

Такие соотношения удельных сопротивлений мергельных и меловых отложений позволило бы достаточно надежно расчленить их по результатам интерпретации кривых  $\rho_k$  ВЭЗ, если бы не коррективы внесенные природой в вариации мощностей тех и других отложений. Как правило, мощные отложения мергелей залегают на маломощных отложениях мела и, следовательно, более высокие

удельные сопротивления меловых отложений вуалируются пониженными значениями удельных сопротивлений мергелей большой мощности. Поэтому на вариационной кривой (рис.2в) удельных сопротивлений мергельно-меловых отложений они представлены двугорбой кривой, на которой левый экстремум соответствует модальному (среднеарифметическому) значению удельного сопротивления мергеля, правый – мела. В общем-то, даже опытный интерпретатор исходя из вида вариационной кривой отнес бы мергельно-меловые отложения к одному слою, что в ряде случаев соответствует истине.

Нижнемеловые отложения (сеноман, альб, апт и неоком) представлены, как правило, песками кварцевыми, неоднородно-зернистыми, с линзами гравия и мелкой галькой кварца и кремня. К низам песков увеличивается содержание глинистого материала, вплоть до прослоев глин. Для неокомских отложений уже характерны глины серые и черные, слюдястые, с конкрециями сидерита и пирита, с прослоями песчаника и бурого железняка. В основании гравийные зерна кварца и галька фосфоритов.

Нижнемеловые отложения по удельным сопротивлениям делится на 2 слоя:

верхний – высокоомный – с перепадом сопротивлений от 42 до 110 Ом·м. ( $\rho_{cp} = 74$  Ом·м) и мощностью от 12 до 53 метров;

нижний – низкоомный – ( $\rho_{cp} = 17.4$  Ом·м, диапазон изменения сопротивлений – 42–110 Ом·м).

Такая дифференциация верхне- и нижнемеловых отложений по удельным сопротивлениям не позволит решить вопрос расчленения этих отложений по результатам электроразведки. Однако, как показывают результаты интерпретации, применение современных методик обработки, в частности пакета программ IPI, в ряде случаев позволяют решить эту задачу.

Кроме того, судя по физико-геологической модели (см. рис. 1), отложения неокомского яруса объединяются с подстилающими их юрскими отложениями, составляя единый геоэлектрический горизонт.

Породы юрской системы представлены, в подавляющем большинстве глинами слюдястыми, из-

вестковистыми с прослоями известняка, мергеля и песчаника, а так же галькой фосфоритов. Лишь в низах юры залегают пески разнородные, с галькой и гравием кварца, с прослоями песчаников, глины и угля, с включениями пирита, сидерита и обугленной древесины. В этой связи, удельные сопротивления данной толщи невелики ( $\rho_{cp} = 12.5$  Ом·м, диапазон изменений от 5 до 26 Ом·м) Повышение удельного сопротивления бат-келловейского яруса до 51 Ом·м практически незаметно при проведении зондирований, ввиду большой глубины залегания и малой мощности их.

Девонские отложения представлены комплексом пород относительно высокой проводимости ( $\rho$  среднее составляет примерно 20 Ом·м., при диапазоне изменения от 12 до 30 Ом·м). Это свидетельствует о преобладании в разрезе глинистого материала, а отложения известняков представлены их глинистыми разновидностями с прослоями мергелей, глины, алевролитов.

В общем-то, характер изменения удельных сопротивлений пород юрской и девонской систем практически одинаков и наглядно демонстрируется вариационной кривой распределения (рис.2). Суммарная мощность юрских и девонских отложений в среднем составляет около 100 м.

Весьма коротко остановимся на некоторых других физических свойствах вышеописанных комплексов горных пород – плотности, магнитной восприимчивости, радиоактивности, пористости.

В разрезе осадочной толщи выделяется ряд горизонтальных плотностных границ с избыточной плотностью от 0.2 г/см<sup>3</sup> до 0.5 г/см<sup>3</sup> (например, границы между песками и глинами, мелями и песками и т.д.).

Среди отложений осадочной толщи наиболее контрастной является граница «мезозой – палеозой» с  $\Delta\delta = 0.3 - 0.5$  г/см<sup>3</sup>, зафиксированные поднятия поверхности девонских отложений создают аномалии силы тяжести до 1 мГал. Остальные плотностные границы ввиду субгоризонтального залегания слоев и их плавного выклинивания могут создавать лишь незначительный гравитационный эффект.

Средняя (средневзвешенная) плотность осадочной толщи колеблется в широких пределах: от 1.7 - 1.8 г/см<sup>3</sup> до 2.2 - 2.3 г/см<sup>3</sup>. Изменения средней плотности пород осадочного чехла существенно сказываются при определении гравитационного эффекта от общего погружения и рельефа поверхности докембрийского фундамента.

Магнитная восприимчивость пород осадочной толщи не превышает первых десятков единиц СГС. Исключения составляют отдельные образцы девонских глины с рудной сыпью, аргиллитов, алевролитов, сидеритов, магнитная восприимчивость которых достигает  $2 \cdot 10^6$  единиц СГС. Однако, заметного влияния на магнитное поле они оказать не могут в силу незначительной мощности и практически горизонтального залегания.

По скоростным параметрам комплекс осадочных отложений делится на три основных зоны. Верхняя включает образования неогенового, палеогенового и почти всю толщу пород мелового возраста. Средняя скорость продольных волн на этом интервале составляет 1,7 км/сек. Верхняя граница второй зоны приурочена к кровле отложений берияско-барремского яруса нижнего мела, нижняя – саргаевская свита нижнего девона. Средняя скорость продольных волн в отложениях этой толщи составляет 2,4 км/сек. Нижележащие осадочные образования имеют достаточно пестрые скоростные характеристики. Средняя скорость в этой зоне приближается к 3 км/сек, однако сам параметр «средняя скорость» достаточно условен, так как на сейсмические характеристики сильно влияет изменение мощности горизонтов.

Пористость пород осадочной толщи меняется от 12 до 35%. Самая высокая пористость (35%) отмечается в породах неоген-палеогенового возраста. Юрские отложения имеют несколько меньшие (23-33%) значения пористости. Пористость остальных пород колеблется преимущественно на уровне 12-18%. Аномальными значениями пористости 32% отмечаются меловые отложения коньякского возраста и саргаевская свита нижнего девона.

Естественная радиоактивность осадочных отложений меняется от 5 до 15 мкР/час. Пониженные значения, около 5 мкР/час отмечаются в отложениях олигоцена, миоцена верхнего эоцена, такой же уровень радиоактивности характерен для большинства образований меловой системы и келловейского яруса средней юры. Максимальные значения (13-15 мкР/час) приурочены в основном к девонским образованиям, а так же отложениям верхней юры, берияско-барремского, компанского и маастрихского ярусов меловой системы. Остальные образования характеризуются промежуточными значениями (7-8,5 мкР/час) естественной радиоактивности и имеют весьма ограниченное распространение.

Докембрийский кристаллический фундамент ВКМ характеризуется большой пестротой состава слагающих его пород. Однако, скважинами он изучен достаточно неравномерно, большинство их сосредоточено либо в пределах железорудных месторождений, либо на отдельных интрузиях. В подавляющем большинстве случаев скважины пробурены по докембрию на первые десятки метров, и, в редких случаях, до нескольких сотен метров, т.е. фактически изучены параметры фрагментов верхней части фундамента. Среди геофизических исследований, применявшихся с целью изучения докембрийского фундамента, наиболее широко представлены гравимагнитные методы. Данные об электрических свойствах основных комплексов пород, слагающих стратиграфический разрез докембрия ВКМ, взяты из разрозненных сведений о таковых в аналогичных по геологическому строению районов и, в основном, по результатам количественной интерпретации кривых ВЭЗ на территории листа М – 37 – I на скважинах.

Для докембрия ВКМ, в целом, характерен очень пестрый состав пород даже в пределах весьма локальных участков. Наряду со сланцами и кварцитами в некоторых скважинах встречаются граниты, диориты, габбро; при пересечении гранито-гнейсового комплекса по скважине отмечается различная степень мигматизации гнейсов, чередование неизменных разностей с мигматитами и гранитами; в интрузивных образованиях одна и та же скважина пересекает разнообразный комплекс – от гранитов до пироксенитов и т.д. В соответствии с этим отмечается и большая изменчивость, и пестрота электрических свойств. Удельное сопротивление докембрийских отложений меняется в этой связи в очень широких пределах – от 20 до 2000 Ом·м и более. Зависимость сопротивления от состава для пород докембрия изучены слабо. Минимальные значения удельных сопротивлений характерны для кор выветривания и сланцев, представленных кварц-биотитовыми, кварц-биотит-карбонатными и углистыми разностями. Максимальными значениями сопротивлений характеризуются кварциты и неизменные разности магматических пород. Судя по результатам переинтерпретации электроразведочного материала, распределение удельного электрического сопротивления пород докембрийского фундамента на рассматриваемой территории отличается чрезвычайной пестротой. Однако, осуществить уверенную литологическую привязку электроразведочных материалов практически невозможно. Лишь в северо-восточной части листа (участок «Тимской») и в юго-западной части прослеживаются довольно большие низкоомные зоны (60 – 300 Ом·м), по всей вероятности связанные со сланцевыми породами, причем на «Тимском» участке преобладают хорошо проводящие углистые сланцы.

Зоны пород с удельным сопротивлениями 400 – 1000 Ом·м секут участок, как правило, в меридиональном направлении и характеризуется небольшими поперечными размерами (до 1–2 км в поперечнике). По всей видимости, связаны они с интрузивными породами гранитоидного комплекса (гранодиориты, диорито-сиениты биотит-роговообманковые, мигматиты). Остальная территория листа характеризуется высокими удельными электрическими сопротивлениями пород фундамента более 10 000 Ом·м.

Всего было подвержено анализу более 600 кривых  $\rho_k$  ВЭЗ, полученных в различные годы на территории листа М – 37 – I. Для получения обобщенного разреза была построена среднеарифметическая кривая  $\rho_k$  ВЭЗ (рис. 3а), которую можно считать типовой. Кривая характеризует разрез типа НКН ( $\rho_1 > \rho_2 < \rho_3 > \rho_4 < \rho_5$ ). Сопоставление ее с разрезами скважин позволяет сделать следующие геологические отождествления.

Первый слой мощностью до 3 метров и удельным сопротивлением 60 Ом·м. представлен современными четвертичными отложениями

Подстиляется он песчано-глинистыми отложениями четвертичного и неогенового возрастов средней мощностью около 20 метров и удельным сопротивлением 22 Ом·м. Удельное сопротивление этого геоэлектрического горизонта может меняться в пределах от 12 до 38 Ом·м в зависимости от преобладания песчаной или глинистой фракцией в отложениях данного горизонта.

Третий слой, по всей видимости, представлен отложениями мелового возраста, о чем свидетельствует удельное сопротивление (100 Ом·м) и большая мощность порядка 75 метров. Сделать предположение о литологическом составе этого слоя весьма затруднительно, хотя вполне очевидно, что в его состав входят мергели, мела и подстилающие их отложения песков мелового возраста.

В основании всей толщи осадочных отложений залегают песчано-глинистые породы юрского, девонского возрастов, мощностью около 107 м. Состав этого горизонта (слой 4) достаточно детально описан выше, а удельное сопротивление его – 20 Ом·м. наглядно свидетельствует о преобладании глинистого материала в этом горизонте. Расчленение этого горизонта на отдельные глинистые, песчаные или известняковые слои, исходя их среднеарифметической кривой, невозможно ввиду малой мощности отдельных литологических разновидностей, составляющих этой мощный геоэлектрический слой.

Как указывалось выше, отдельные кривые могут отличаться от среднеарифметической кривой как количеством слоев (до 7 и более), так и их типом. Так, например, кривая ВЭЗ № 920 (рис.3) характеризует уже семислойный разрез типа КНАКН. Увеличение слойности этой кривой связано с более детальным расчленением верхней десятиметровой пачки на три пласта (почвенный, супесчаный и глинистый), а также, в связи с резкой дифференцированностью мергельных и меловых отложений по удельному сопротивлению (97.2 Ом·м у мергелей и 400 Ом·м у мела). Правая часть кривой по виду не отличается от среднеарифметической, хотя и свидетельствует о залегании в верхах кристаллического фундамента относительно низкоомных пород типа сланцев.

Встречающийся тип разреза QНКН (ВЭЗ № 1067) можно объяснить лишь характером верхней части разреза (QH), для которой свойственно увеличение содержания глинистой фракции сверху вниз. Мергельно-меловые породы здесь объединяются в один геоэлектрический горизонт с  $\rho_k = 138$  Ом·м. и мощностью 75.4 м. Для этой кривой характерно увеличение удельного сопротивления весьма мощного геоэлектрического горизонта (слой 5) сравнительно с ранее просмотренными кривыми. Удельное сопротивление пород кристаллического фундамента мало отличается от такого на кривой 920.

Заметно отмечается от всех кривых кривая № 1480 (тип QНКQ). Если левая часть кривой (ВЧР) однотипна с кривой ВЭЗ № 1067, хотя дифферен-

циация по удельному сопротивлению здесь выражена более резко, то на правой части кривой, это отличие заметно сразу же конечная ветвь кривой меняется с восходящей на нисходящую. Это свидетельствует о том, что в верхах фундамента залегают весьма низкоомные породы, которые могут быть представлены либо углистыми сланцами, либо рудным материалом – сульфидами с электрически связанными электронно-проводящими минералами.

Приведенные материалы отражают как сложность строения осадочной толщи, так и сложность расчленения ее геофизическими методами. Очевидно, что положительный результат от применения геофизических работ может быть получен только при условии их комплексирования. Ведущее место при исследованиях должны занимать сейсморазведочные и электроразведочные методы. Комплексная обработка их материалов позволит достаточно на-

дежно определить границы основных «маркирующих» горизонтов. Более детальное расчленение этих горизонтов, судя из анализа физических свойств возможно лишь с помощью электроразведочных работ. На всех этапах изучения, в случае благоприятного физико-геологического разреза, возможно применение гравиметрических исследований. Обработка геофизических материалов должна базироваться на достоверных геологических материалах, включающих, в том числе достаточное количество картировочных скважин, с проведенным комплексом ГИС.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник геофизика. Физические свойства горных пород. -Т.1. -М., 1981. -636 с.

