

СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАМЕННОГО УГЛЯ ВОСТОЧНОГО СКЛОНА СРЕДНЕГО УРАЛА

В последние годы в связи с необходимостью вовлечения в хозяйственный оборот местных углей возникает задача оценки количества, мощности пластов, степени их сохранности в условиях высокой тектонической нарушенности угленосных толщ Восточного Зауралья [1], задача оценки физико-механических свойств горных пород в местах проектирования неглубоких (до 100 м) карьеров для разработки пластов углей открытым способом [6]. Если первая из задач может быть решена при разведке месторождений бурением и стандартным комплексом ГИС, то вторая - комплексом сейсмоакустических исследований.

Для составления сейсмогеологической модели угольных месторождений нами проведены определения плотности и скорости продольных ультразвуковых колебаний (УЗК) в образцах горных пород и углей, хранящихся в учебных коллекциях кафедры геологии месторождений полезных ископаемых УГТГА. Аппаратура УЗК - дефектоскоп УКБ -1 М. Частота УЗК 60 кГц. Определение скорости проведено методом прозвучивания: с одной стороны к образцу прижимали пьезоэлектрический датчик УЗК, с противоположной - приемник. Скорость рассчитывалась как частное от деления длины образца (пробега волны) на время пробега волны через образец. Длина образцов составляла от 30 до 120 мм. Всего было исследовано около 90 образцов горных пород и 26 образцов углей. Среди образцов выделены несколько литологических групп. При расчетах средних значений плотности и скорости УЗК для различных литологических групп выборки проверялись на соответствие распределения измеренных значений нормальному закону распределения. Для оценки погрешности определения скорости выполнено 24 повторных замера. Средняя относительная погрешность составила 13 %. Результаты измерений приведены в табл.1.

Таблица 1

**Средние значения скорости УЗК в образцах горных пород и углей на
месторождениях Восточного Зауралья**

Литологическая разность	Количество измерений	Скорость, м/с	Плотность, г/см ³	Возраст толщ. Месторождения
Песчаники	21	1850 ± 323	2.66±0.12	С ₁ t-v Еловское, Махневское, Ерзовское
Алевролиты	20	2030 ± 406	2.66±0.12	
Аргиллиты	16	1980 ± 350	2.58±0.08	
Угли каменные	9	800 ± 90	1.52±0.12	
Угли каменные	17	873 ± 220	1.37±0.10	T ₃ -J ₁
Известняки	4	2800 ± 210	-	Буланашское Елкинское
Гравелиты и конгломераты	8	2300 ± 325	2.65±0.03	

Коэффициенты корреляции между значениями плотности и скорости в литологических группах оказались низкими - порядка 0.05-0.3.

Для геологических условий Поддневского месторождения каменных углей раннекаменноугольного возраста, располагающегося в южной части Сухоложско-Каменской угленосной полосы, составим сейсмогеологическую модель и оценим возможность проведения на месторождениях тех или иных видов сейсморазведочных работ.

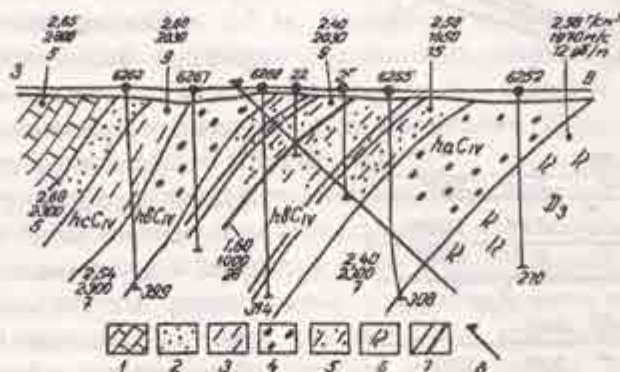


Рис. 1. Структурно-вещественные комплексы Поддневского месторождения каменных углей:

- 1 - известняки, 2 - песчаники полимиктовые,
 - 3 - алевролиты, 4 - конгломераты полимиктовые,
 - 5 - переслаивание алевролитов, глинистых песчаников, пропластков угля, 6 - аргиллиты известковые, 7 - каменный уголь, 8 - сечение для расчетной сейсмогеологической модели.
- Цифрами указаны параметры: плотность (г/см^3), скорость продольных волн (м/с), коэффициент поглощения (дБ/м).

Главная особенность геологического строения угольных месторождений Восточного Зауралья [1,6] - крутое ($30-75^\circ$) залегание стратифицированных угленосных толщ (рис.1). Потому расположение сейсмических профилей вкрест простирания крутопадающих толщ нецелесообразно, т.к. это приведет к регистрации чрезвычайно сложной волновой картины, потребует специфических приемов возбуждения и регистрации волн, применения специальных алгоритмов обработки [2].

Рассмотрим возможности полевой сейсморазведки при расположении профилей вдоль простирания крутопадающих толщ. Для этого составим сейсмогеологическую модель для разреза, секущего по нормали напластование слоев. Для расчетов (табл.2) значения скоростей сейсмических волн в горных породах приняты равными скоростям УЗК в образцах пород, значения плотности слоев - по измерениям и литературным источникам [4], значения коэффициентов поглощения упругих волн (см. рис.1) - из [5]. Для сейсмогеологической модели рассчитаны параметры: эффективная скорость ($V_{эф}$), вертикальное время (t_0), коэффициент отражения (k), длина волны (λ) для частот полезных волн 80-120 Гц.

Резкий скачок скоростей ($V_1/V_2=0,43$, см.табл.1) на подошве глин четвертичного возраста обуславливает появление головной волны Γ_1 , распространяющейся с кажущейся скоростью волн

в нижележащем слое конгломератов. Концентрация сейсмической энергии в слое глин, характеризующихся низкой акустической жесткостью, приведет к образованию интенсивных поверхностных волн релейского типа со скоростью порядка 400-600 м/с (рис.2).

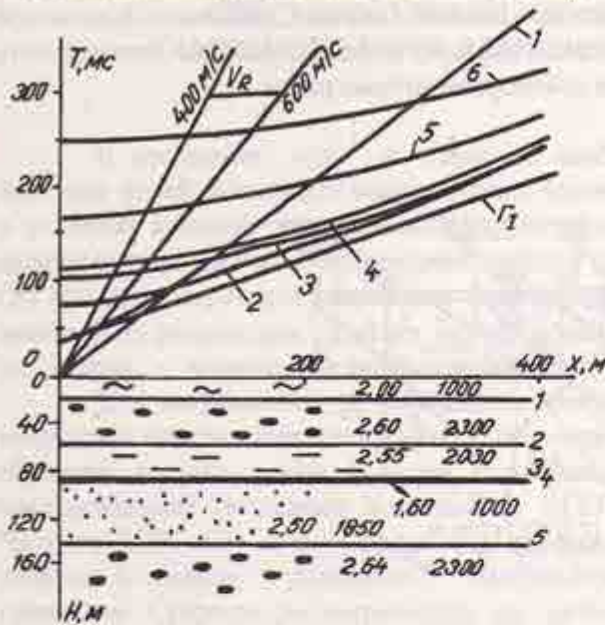


Рис.2. Теоретические годографы сейсмических волн на месторождении каменного угля.
Пояснения в тексте

Головная волна Γ_1 придет к приемникам первой. Она может иметь 3-4 фазы колебаний с периодом каждой фазы порядка 20 мс [2, 3], т.е. на сейсмограмме они займут 60-80 мс записи и перекроют фазы первых вступлений отраженных волн от 2, 3, 4 границ.

Как видно на теоретических годографах, фазы колебаний прямой волны, релейских волн перекроют волновое поле полезных отраженных волн.

Изменение по простиранию сейсмического профиля углов падения пластов изменит вертикальное время хода сейсмических лучей до отражающих и преломляющих границ, и это изменение невозможно отличить от изменения вертикального времени, обусловленного воздыманием, погружением или поворотом пластов.

Сильные отражающие границы ($\kappa=0,5$) на подошве и кровле пластов углей создадут условия для концентрации сейсмической энергии внутри пластов. Их на месторождениях, как правило, несколько.

Таблица 2

Параметры сейсмогеологической модели месторождения каменных углей Восточного Зауралья

Глубина H, м	Мощность h, м	Литология	Плотность, г/см ³	Плоская скорость, V _{пл} , м/с	Номер границы	Коэф. отражения, K	Длина волны λ , м
20	20	Глины	2.00	1000	1	0.5	8-11
60	40	Конгломераты	2.60	2300	2	-0.07	19-26
90	30	Алевриты	2.55	2030	3	-0.53	17-22
95	5	Угли	1.60	1000	4	0.49	8-11
145	50	Песчаники	2.50	1850	5	0.13	15-21
245	100	Конгломераты	2.64	2300	6	-0.08	19-26
345	100	Аргиллиты	2.58	1970	7	-	16-22

А коэффициент поглощения упругих волн в углях (см.рис.1) самый высокий. То есть пласты угля выступают волноводами, в которых энергия упругих волн сильно затухает. Расчетное отношение амплитуды полезной волны (без учета поглощения), прошедшей приповерхностный слой глин, отразившейся от подошвы пласта и вернувшейся к приемникам на поверхности земли, к амплитуде прямой волны (помехи) составит 0.125. Такое же отношение для отраженной волны, прошедшей через два слоя угля, составит 0.031, т.е. отношение помеха - сигнал составит величину 32.

При расчетной частоте полезных волн в 80-120 Гц длины волн в исследуемых пластах горных пород составят 15-25 м, что позволит разделять фазы волн от пластов мощностью более 10 м. Пласты угля, имеющие мощность 1-5 м, являются "тонкими", т.е. особенности их строения наземными методами сейсморазведки установить не удастся.

Из всех вышеприведенных обстоятельств следует сделать вывод о сложных сейсмогеологических условиях на месторождениях угля Восточного Зауралья для постановки на них наземных методов сейсморазведки МОВ И МПВ.

Для определения пластовых скоростей продольных и поперечных волн на угольных месторождениях целесообразно применить метод вертикального сейсмического профилирования (ВСП). Пункт возбуждения следует располагать в 40-80 м от устья скважин, по направлению падения пород, с тем, чтобы получить непродольные годографы прямых проходящих волн. При одновременной регистрации трехкомпонентными скважинными приемниками продольных и поперечных волн [2] следует отдать предпочтение методическим приемам возбуждения поперечных волн, так как продольные волны придут в первых вступлениях, а фазы поперечных волн придется выделять на фоне обменных волн-помех. И для ВСП пласты угля останутся "тонкими" и будут значительно ослаблять амплитуду проходящих волн.

Исследование пластов угля в межскважинном пространстве: возможные пережимы, раздувы мощности, смещение по тектоническим нарушениям и т.п. - целесообразно провести по методике межскважинного прозвучивания [3], используя распространение в угольных пластах-волноводах "каналовых" волн, изучая их энергетические и спектральные характеристики.

Детальное расчленение пластов горных пород и углей по скоростям продольных и поперечных волн, по коэффициентам затухания продольных и поперечных волн может быть выполнено по методике многоволнового акустического каротажа [2, 5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Геология угольных месторождений Урала: Сб. науч. трудов.- Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. - 104 с.
2. Исследования по многоволновому акустическому каротажу и сейсмомоделированию: Сб. науч. трудов/АН СССР. Сиб. отделение ИГиГ СО АН СССР, 1990. - 163 с.
3. Карус Е.В., Кузнецов О.Л., Файзуллин И.С. Межскважинное прозвучивание. - М.:Недра, 1986. - 149 с.
4. Семенов Б.Г., Сухоруков А.М., Казачихин В.А. Применение геофизических методов при поисках угля в Среднем Зауралье (некоторые результаты и методика прогнозирования)//Глубинное строение и развитие Урала: Материалы научно-производственной конференции, посвященной 50-летию Баженовской геофизической экспедиции. - Екатеринбург: Наука, Урал.отделение. 1996. - С.173-185.
5. Скобочкин Ю.А. Исследование эффективности и разработка методики акустического каротажа при изучении горно-геологических особенностей месторождений каменного угля: Автореф. ...

канд. геол. минер. наук. - Екатеринбург. - 1997. - 24 с.

6. Угольная база Урала. Состояние и перспективы развития./Кривихин С.В., Сухоруков А.М., Алексеев В.П. и др. //Известия вузов. Горный журнал. - 1993. - N5. - Специальный выпуск; Уральское горное обозрение. - 1993. - N1. - С.19-29.

УДК 550.837

С. С. Сысков

АНИЗОТРОПИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ТРЕЩИНОВАТОЙ ПОРОДЫ

На основании многолетних исследований кафедры прикладной геофизики по объемному изучению анизотропии электропроводности рудовмещающих пород, выполненных во многих рудных районах Урала, было доказано широкое распространение трехосных анизотропных сред [1,5,7], реальность которых ранее не признавалась [10]. Для оценки анизотропии пород использовались как специальные измерения, так и результаты метода заряда при заземлении в безрудные скважины. При таких исследованиях удается получить осредненную характеристику анизотропии электрических свойств для больших массивов породы объемом в десятки миллионов кубометров и более. По результатам этих измерений определялись ориентировка осей тензора удельного электрического сопротивления (УЭС) в пространстве и значения УЭС на этих осях, а затем вычислялись полный коэффициент анизотропии λ и т.н. коэффициент анизотропии в плоскости сланцеватости λ_c , характеризующий наличие в породе трехосной анизотропии, если $\lambda > \lambda_c > 1$ [5].

Геологическая природа трехосной анизотропии пород связана, главным образом, с наличием в них разноориентированных систем заполненных водой трещин различной формы, зависящей от структурно-текстурных особенностей и метаморфических изменений. Для трещиноватых водонасыщенных малопористых пород с объемной пористостью менее 3-5% по теоретическим исследованиям и практическим измерениям на образцах и стенках горных выработок коэффициент анизотропии λ_c обычно не превышал 1,4 - 1,5.

Более высокие значения λ_c наблюдались только при наличии в горных породах неизометричных упорядоченно ориентированных электропроводных включений, например скоплений рудной вкрапленности. Поэтому аномально высокие значения λ_c предлагалось рассматривать как дополнительный критерий при оценке потенциальной рудоносности участка. Основанный на этом принципе метод поисков гидротермальных месторождений был признан изобретением СССР [1], и длительное время основной целью изучения объемной анизотропии пород являлось картирование участков рудовмещающих метасоматитов с повышенными, более 1,4 - 1,5, значениями коэффициента анизотропии λ_c .

Исследование объемной анизотропии в различных районах Среднего и Южного Урала показало, что более чем в 80 % случаев анизотропия пород объясняется их трещиноватостью. Поэтому имеет смысл использовать полученные характеристики анизотропии электропроводности для количественной оценки объемной трещинной пористости как для массива в целом, так и для главных направлений тензора электропроводности. Рассмотрим в этой связи наиболее часто