

ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ СВОЙСТВ И СОСТОЯНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД УЛЬТРАЗВУКОВЫМИ МЕТОДАМИ НА СКВАЖИНАХ ГЛУБОКОГО И СВЕРХГЛУБОКОГО БУРЕНИЯ

Розглянуто особливості геологічного і геомеханічного моніторингу побудови та стану масивів гірських порід на основі дослідження глибинних свердловин ультразвуковими методами.

FEATURES OF STUDYING OF PROPERTIES AND THE CONDITIONS OF THE ROCK MASS BY ULTRASONIC METHODS ON CHINKS OF DEEP AND SUPERDEEP DRILLING

Features of geological and geomechanical monitoring of a rock mass properties are investigated. Applied researches in a deep crack are executed by supersonic methods.

Определение физико-механических свойств и напряженно-деформированного состояния массива горных пород – важный раздел высокоэффективного геологического и геомеханического мониторинга, который постоянно развивается как в научном, так и технологическом направлениях [1].

Относительно технологической и технической необходимости, то ежегодно, лишь в геологоразведочных организациях стран СНГ, принципиально возможен контроль 25 миллионов метров керна, но их отбор, даже в угольной промышленности, не превышает 4% общего объема, и выполняется этот отбор, в основном, в породах, вмещающих угольные пласты, поэтому значительная часть важной информации бесповоротно теряется. В большинстве случаев определяют плотность, пористость, влажность, пределы прочности на одноосное сжатие и растяжение, модули упругости и коэффициент Пуассона. Кроме этого, исследуют коэффициенты сцепления, углы внутреннего трения, реологические параметры, минеральный и петрографический составы, текстуру и структуру пород, а также прочность и реологические характеристики при объемном, двухосном и трехосном сжатии и в запредельном состоянии, электрофизические свойства пород. Эта информация полностью удовлетворяет проектировщиков по назначению, но она является недостаточной ни по объему, ни по качеству [2].

Для экспресс-определения упругих свойств керна с необработанными торцами и образцов произвольной формы разработаны способы и средства ультразвукового контроля, которые обеспечивают жесткий локальный контакт датчиков с их поверхностью и комплексно позволяют определять скорости продольных и сдвиговых колебаний [3-7]. Существует несколько признаков, позволяющих выделить поперечную волну из общего регистрируемого сигнала: 1) по времени распространения; 2) по соотношению амплитуд; 3) по сдвигу фаз; 4) по различию частот. Однако ни один из указанных признаков в отдельности не обеспечивает надежного и устойчивого выделения поперечных волн. Предложено применение излучателей и приемников с концентраторами, например коническими, длину которых выбирают равной целому числу полуволн ультра-

звуковых колебаний в материале, из которого они изготовлены, что необходимо для определения векторной направленности ультразвуковых колебаний и обеспечения надежного контакта датчиков с неровной поверхностью керна или образца, при этом также увеличивается точность определения расстояния, пройденного волнами через образец. Такие приборы позволяют проводить измерения с погрешностью $\pm 0,5 \%$.

При прозвучивании мелкослоистых пород зачастую наблюдают две скорости сдвиговых волн, поляризация которых направлена вдоль слоистости и поперек слоистости. Две скорости сдвиговых волн могут служить дополнительными информативными параметрами. В тоже время, стандарт США (Standard Method for laboratory determination of pulse velocities and ultrasonic elastic constants of rock. Designation: D 2845-83, p. 445-450) не разрешает использовать уравнения изотропной среды для определения модулей упругости, если любая скорость продольной волны в трех ортогональных направлениях, а также под углом 45° к любому из них отличается больше чем на 2% средней величины. Только в таких средах исключается поляризация сдвиговых волн. Зависимости скоростей упругих волн от форм и размеров образцов для экспресс-методов их определения находятся в пределах ошибки определения параметра.

Для экспресс-оценки прочностных свойств горных пород предложено использовать усовершенствованный ультразвуковой контроль керна, который необратимо разрушаются уже при его добыче, что весьма актуально как для решения технологических задач сверхглубокого бурения (прогнозирование свойств призабойного массива), так и для массового получения объективной первичной геологической и геофизической информации [8, 9]. В основе экспресс-определений прочностных параметров горных пород лежат корреляционные зависимости прочности с замеренными на необработанных образцах и кернах скоростями продольных волн (V_p , м/с). Такой подход известен, однако отсутствие систематической классификации горных пород по степени их генетической однородности с точки зрения формирования прочностных и акустических свойств не позволяло давать уверенные прогнозы и широко применять этот метод на практике [10, 11].

Генетическую принадлежность углевмещающих пород разделяют на укрупненные полигенетические группы (УПГ) и элементарные полигенетические типы (ЭПТ). УПГ – это совокупность горных пород, характеризующаяся близкими гидродинамическими условиями седиментации и дальнейшего преобразования за счет наложения процессов эпигенеза и тектогенеза (полигенетическая концепция). Основные диагностирующие признаки УПГ – это литологическая принадлежность, тип слоистости породы, стадия эпигенеза и основная группа фациальной седиментации. Более крупными таксономическими единицами классификации в угольных бассейнах являются геотектонические зоны, отвечающие принятому крупному структурно-тектоническому районированию бассейнов по геолого-генетическим комплексам в ранге угленосных формаций. УПГ – обоснована статистическими исследованиями прочностных и акустических характеристик вмещающих пород Донбасса [11]. Таксономическими еди-

ницами наименьшего ранга являются гранулометрические разновидности горных пород конкретной фациальной принадлежности – ЭПТ, табл. 1.

Таблица 1 – Генетическая классификация углевлещающих пород

Укрупненные полигенетические группы (УПГ) пород (гранулометрия + основной тип слоистости)	Индекс УПГ и входящих в ее состав ЭПТ	Элементарные полигенетические типы (ЭПТ) горных пород (фация + гранулометрия)	Индекс ЭПТ*
Прибрежно-континентальные (дельтовые или аллювиально-лагунные) песчаники, преимущественно среднезернистые, косо-слоистые	ПАЛ1 (АР1+ПР1+ПП1)	Песчаные осадки русла Песчаные выносы рек (подводная дельта) Песчаные осадки пересыпей, кос, баров	АР1 ПР1 ПП1
Морские (зона морских течений) песчаники, преимущественно мелкозернистые, неслоистые (или скрыто-слоистые)	ПМТ1	Песчаные осадки морских течений	МП1
Прибрежно-морские (зона волнений лагунно-заливного и морского побережья) алевролитопесчаные отложения с преобладанием песчаников мелкозернистых, волнисто-слоистых	ПЗВ1 (ПВ1+МВ1)	Песчаные осадки волновой ряби заливно-лагунного побережья Песчаные осадки зоны волнений прибрежной части моря	ПВ1 МВ1
Прибрежно-морские (зона волнения лагунно-заливного и морского побережья) песчано-алевролитовые отложения с преобладанием алевролитов, волнисто-слоистых	АЗВ2 (ПВ2+МВ2)	Алевролитовые осадки волновой ряби заливно-лагунного побережья Алевролитовые осадки прибрежной части моря	ПГ2 МА2
Прибрежно-морские и морские алевролиты, горизонтально-слоистые или неслоистые, неуглистые	АЛМ2 (ПГ2+МА2+МГ2)	Алевролитовые осадки лагун и заливов Алевролитовые осадки материкового моря Алевролитовые осадки материкового моря	ПГ2 МА2 МГ2
Прибрежно-морские и морские аргиллиты горизонтально-слоистые или неслоистые, неуглистые	АРЛМ3 (ПГ3+МГ3)	Глинистые осадки лагун и заливов Глинистые осадки материкового моря	ПГ3 МГ3

* В индексах ЭПТ, УПГ: 1 – песчаники; 2 – алевролиты; 3 – аргиллиты; ЭПТ и УПГ по объему охватывает весь диапазон эпигенетических преобразований (классификация правомочна вне зависимости от приуроченности пород к угленосным формациям, свитам и геотектоническим зонам).

Генетическая классификация положена в основу каталогов уравнений регрессии $\sigma_{сж}$ (V_p^{\perp}) и для σ_p (V_p^{\parallel}) углевмещающих пород Донецкого бассейна (нижне- и среднекаменноугольных формаций), классифицированных на элементарные полигенетические типы (ЭПТ) и их укрупненные полигенетические группы (УПГ). Исходными данными для расчета уравнений регрессии явилась информация, накопленная по результатам исследований различных типов горных пород УкрНИМИ, НГУ и ИГТМ [10-12]. Уравнения регрессии для УПГ горных пород следует использовать для массовых экспресс-определений. Уравнения регрессии для ЭПТ горных пород рекомендуются тогда, когда решаются горнотехнические задачи, связанные с устойчивостью выработок и необходимостью выявления деталей фациальных условий седиментации пород.

С целью оценки достоверности экспресс-определения прочности пород на одноосное сжатие наиболее перспективным методом экспресс-контроля – методом акустического каротажа, с учетом возможности полного перехода геологической разведки на бурение без отбора керна, исследованы 45 скважин на участке Холодная Балка Нижняя. Участок, по которому проводился отбор фактического материала, расположен в центре района. Определены средние значения скоростей распространения продольных волн и предела прочности на сжатие по данным акустического каротажа, табл. 2.

Таблица 2 – Средневзвешенные значения скоростей распространения продольных волн и предела прочности пород на одноосное сжатие по данным акустического каротажа скважин участка Холодная Балка Нижняя

Глубина залегания, м	Аргиллит			Алевролит			Песчаник		
	V_p , м/с	$\sigma_{сж}$, МПа	суммарная мощность пластов, м	V_p , м/с	$\sigma_{сж}$, МПа	суммарная мощность пластов, м	V_p , м/с	$\sigma_{сж}$, МПа	суммарная мощность пластов, м
0-100	3440	30,5	6	3960	50,5	50	4350	72,0	31
101-200	3450	31,0	66	3850	45,5	116	4470	81,0	95
201-300	3500	32,0	193	3790	43,0	363	4330	70,5	238
301-400	3500	32,0	163	3940	49,5	468	4330	70,5	283
401-500	3460	31,0	354	3990	52,0	324	4600	92,5	313
501-600	3540	34,0	203	3960	50,5	464	4580	90,5	327
601-700	3510	32,5	312	3950	50,0	438	4520	85,0	213
701-800	3600	35,5	201	4010	53,0	377	4600	92,5	115
801-900	3640	37,0	233	4010	53,0	276	4580	90,5	139
901-1000	3820	44,0	97	4100	57,5	89	4760	108,5	407
1001-1100	3700	39,0	87	4030	54,0	111	4740	106,0	181
1101-1200	3730	40,5	112	4200	63,0	135	4640	96,5	62
1201-1300	3700	39,0	74	4100	57,5	82	4500	83,0	17
1301-1400	3780	42,5	30	4280	67,0	66	4900	124,0	4

Для сравнения скорости упругих волн и упругие параметры горных пород Криворожской сверхглубокой скважины, определенные непосредственно на скважине, представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Упругие свойства горных пород Криворожской сверхглубокой скважины

Название породы	Глубина, м	V_p , м/с	V_s , м/с	ν	$G \times 10^{-4}$, МПа	$E \times 10^{-4}$, МПа
Метаалевролит	962-966	4980	1560	0,446	0,632	1,831
Метапесчаник	1030-1034	5530	1890	0,434	0,928	2,682
Метаконгломерат	1148-1150	4190	1530	0,423	0,608	1,730
Метапесчаник	1167-1172	5130	2130	0,396	1,180	3,290
Метаалевролит	1309-1319	4560	2140	0,357	1,191	3,232
Сланец	1462-1473	5190	2400	0,365	1,498	4,089
Метапесчаник	1490-1501	6280	1710	0,460	0,759	2,216
Сланец	1700-1705	4400	1970	0,375	1,009	2,775
Метаалевролит	1747-1749	2460	1340	0,292	0,468	1,209
Сланец	1845-1848	4900	1540	0,445	0,616	1,781
Кварцит	1938-1941	6870	3410	0,339	3,016	8,080
Сланец	1993-1996	5660	3700	0,115	3,562	7,943
Сланец	2105-2109	4970	2910	0,237	2,200	5,455
Метаалевролит	2120-2123	6029	2680	0,378	1,867	5,145
Кварцит	2270-2276	5570	3260	0,237	2,756	6,817
Плагиогранит	2368-2373	4640	3020	0,143	2,371	5,421
Амфиболит	2534-2536	5000	2270	0,372	1,339	3,674
Плагиогранит	2548-2590	3530	1690	0,353	0,741	2,005
Бластокатаклазиты	2630-2635	2530	1160	0,368	0,351	0,960
Бластокатаклазиты	2728-2735	6090	2220	0,423	1,282	3,648
Бластокатаклазиты	2879-2886	4790	2620	0,283	1,784	4,577

Вычислены случайные и систематические ошибки при определении прочности пород методом акустического каротажа и лабораторных испытаний. Разногласия в измерениях зависят от величины предела прочности пород на сжатие. В скважинах, заполненных жидкостью, скорости распространения упругих волн слабо реагируют на трещиноватость пород, поэтому рационален многопараметровый контроль акустического сигнала: регистрация обменных и отраженных волн, амплитуд продольных и поперечных волн, спектра частот. Амплитуды волн резко снижаются с появлением отдельных трещин, причем поперечных волн больше, чем продольных, дальнейшее увеличение трещиноватости уже не может существенно снизить амплитуду сигнала, зато происходит изменение частоты максимума спектральной плотности.

Установлена эффективность выявления тектонических нарушений по материалам акустического каротажа. На участке Холодная Балка Нижняя по 38 исследованным скважинам выявлено 46 нарушений, 26 из них подтверждается геологическими материалами, преимущественно это крупные нарушения. 20 нарушений с амплитудой смещения около 10 м не установлено по геологической документации, а 5 – по данным акустического каротажа, без комплексного анализа они были бы пропущены [12].

Поскольку большинство испытаний горных пород направлено на определение прочности пород, то основное внимание уделялось стандартизации именно этих методов. Измерения акустических параметров для однородной пробы с ко-

эффицентом вариации 5-10 % следует проводить на 3-4 образцах, отражающих представительность пробы, с коэффициентом вариации 10-15 % – на 6-8 образцах.

Следует отметить, что длительное хранение керновых проб недопустимо. Консервацию их при лабораторных исследованиях следует производить в «свежем» состоянии, а акустические измерения горных пород осуществлять сразу же после поступления керна в лабораторию. При изучении вмещающих пород необходимо регламентировать время начала исследований или консервации керновых проб. Исследование изменения акустических и прочностных характеристик углевмещающих пород Донбасса показывает, что стабилизация рассматриваемых свойств в период упругого последствия происходит у алевролитов и аргиллитов в среднем в течение 5 ч., а у песчаников – 2 ч после выемки керна из колонковой трубы. Информация, полученная при исследовании керна сразу же после его выемки, будет неоднозначной из-за разного времени пребывания в колонковой трубе различных частей керна. Поэтому рекомендуется измерять данные на образцах или консервировать образцы пород в следующие ориентировочные интервалы времени после их выемки из колонковой трубы: 5-10 ч аргиллиты; 5-24 ч алевролиты; 2-24 ч песчаники [11].

С другой стороны, при бурении глубоких и сверхглубоких скважин, соответственно Кольской (достигнутая глубина 12060 м), Криворожской (исследованная глубина 3500 м) и Саатлинской (достигнутая глубина 8500 м), было выявлено резкое несоответствие между общепринятой геологической интерпретацией глубинных сейсмических границ и их реальной природой. В результате, как известно, на месте ожидаемого «базальтового слоя» Кольская скважина вскрыла архейские гранитогнейсы вулканитов; Криворожская скважина на месте предполагаемого погружения нижнепротерозойских железистых кварцитов и вмещающих их толщ вскрыла архейский гранитоидный фундамент. Причина этого несоответствия состоит в том, что фиксируемые на различных глубинах континентальной коры горизонты и зоны увеличения (или уменьшения) скоростей продольных упругих волн (V_p) отражают не столько особенности вещественного состава пород, сколько изменения их физического состояния. Установлено, что керн при подъеме с глубин более 5 км, вследствие декомпрессии, испытывает техногенное разуплотнение, приводящее к искажению петрофизических характеристик. Доказано, что широко практикуемый способ определения скоростей продольных и поперечных волн в образцах, насыщенных водой, или другими жидкостями, приводит, как правило, к ошибочным результатам. Наибольшее соответствие с каротажными данными достигается коррекцией значений этих скоростей, измеренных по керну при нормальных условиях, путем введения поправок на давление и температуру по экспериментальным данным для соответствующих глубин [13].

Авторские способы и методики измерений легко позволяют связать результаты исследований с реальной структурой массива и его фактическим геомеханическим состоянием, если провести несколько раз через определенные промежутки времени измерения скоростей упругих волн непосредственно на сква-

жине и учесть время отбора пробы в скважине. Затем, по аналогии построения градуировочных зависимостей для твердеющего бетона определяем первичные параметры по графикам (или таблицам), аппроксимированных уравнениями линейного или экспоненциального вида.

Оценка физико-механических свойств горных пород, залегающих на больших глубинах, имеет важное значение для понимания закономерностей формирования этих свойств и полей напряжений нетронутого массива. С этой целью в ИГТМ было подвергнуто испытаниям шесть проб пород, отобранных из сверхглубокой скважины СГ-1 (Саатлы) (глубина отбора 6516 – 7752 м). Испытуемые образцы имели призматическую форму, поперечные размеры их находились в пределах от 18 мм до 23 мм с высотой от 20 мм до 30 мм. Динамические упругие характеристики определялись методом ультразвукового прозвучивания параллельно и перпендикулярно напластованию на частоте 150 кГц, табл. 4 [1].

Таблица 4 – Упругие характеристики пород Саатлинской сверхглубокой скважины

№ пробы	Скорость прохождения упругих волн				Динамический модуль упругости		Динамический модуль сдвига		Коэффициент Пуассона		$E_{д\parallel}/E_{д\perp}$
	Продольных		Поперечных		$E_{д\perp} \times 10^{-2}$, МПа	$E_{д\parallel} \times 10^{-2}$, МПа	$G_{д\perp} \times 10^{-2}$, МПа	$G_{д\parallel} \times 10^{-2}$, МПа	$\nu_{д\perp}$	$\nu_{д\parallel}$	
	$V_{p\perp}$, м/с	$V_{p\parallel}$, м/с	$V_{s\perp}$, м/с	$V_{s\parallel}$, м/с							
5383	4530	5060	2310	3090	437,5	703,0	165,7	292,9	0,32	0,20	1,27
6059	4660	5270	2730	2780	551,2	629,5	225,9	245,9	0,22	0,28	1,07
6219	4690	4590	2600	2580	515,5	523,5	2030	211,1	0,27	0,24	1,01
6309	4590	4580	2700	2950	522,9	576,1	212,6	252,7	0,23	0,14	1,05
6526	4710	4660	2640	2690	500,0	543,3	196,8	224,5	0,27	0,21	1,04
6765	4020	4300	2700	2700	429,3	463,4	198,7	198,0	0,17	0,17	1,04
Средние значения	4530	4740	2610	2800	492,7	573,1	200,5	237,5	0,23	0,21	1,08

Ультразвуковые испытания показали, что у всех проб скорости прохождения упругих волн и динамические упругие характеристики имеют довольно большие значения. Коэффициент анизотропии испытанных проб, за исключением пробы 5383 (коэффициент анизотропии 1,27), незначительно отличается от единицы, среднее его значение составляет 1,08. Это говорит об относительной однородности упругих свойств в двух взаимно-перпендикулярных направлениях.

Количество испытанных образцов недостаточно для обобщающего анализа и установления закономерностей. Однако, исходя из имеющихся результатов, можно сказать следующее, что с увеличением глубины отбора проб происходит повышение скорости упругих волн, прочности пород и их упругих параметров, причем при общей тенденции имеется масса исключений. Например, проба 5383, взятая из глубины до 6520 м (СГ-1), имеет наибольшие объемный вес и

прочность. У пробы 6765, имеющей наибольшую глубину залегания, значение объемного веса наименьшее, табл. 5.

Таблица 5 – Физико-механические свойства по результатам испытаний в режиме контролируемого разрушения

№№ пробы	Глубина, м	Плотность, γ , т/м ³	Предел прочности на сжатие, $\sigma_{сж}$, МПа	Модуль упругости, $E_{ст} \times 10^{-2}$, МПа	Коэффициент Пуассона статический	Модуль спада, $M \times 10^{-2}$, МПа
5383	6516 – 6520	2,99	334	315	0,015	193
6059	7332 – 7343	2,84	201	596	0,020	123
6219	7420 – 7428	2,87	223	300	0,012	1254
6309	7515 – 7517	2,82	221	496	0,025	723
6526	7639 – 7642	2,76	169	322	0,010	461
6765	7745 – 7752	2,64	250	495	0,017	892

Таким образом, сравнивая результаты испытаний пород сверхглубоких скважин с аналогичными параметрами ранее изученных пород, можно сказать, что у первых они значительно выше, чем у пород Западного и Восточного Донбасса и близки по свойствам к скальным и некоторым прочным породам Центрального Донбасса, отобраным на меньшей глубине. С глубиной по скважинам происходят структурные преобразования пород: осадочные или магматические структуры сменяются метаморфическими структурами; сланцеватыми с анизотропией, охватившей всю массу пород, породами с преобладающе изотропными структурами. Эта закономерность нарушается на разных глубинах разреза наличием зон катаклаза и милонитизации пород. Влияние поздних процессов образования пород на более ранние создает исключительно сложную картину структурно-вещественных особенностей кристаллической коры и глубинного строения [14].

По скважинам с глубиной возрастает метаморфизм пород. Кристаллическая кора до рассмотренных глубин имеет дифференциально-слоистое строение, обусловленное чередованием магматических и осадочных пород, метаморфизованных в различной степени. Они образовались в результате взаимосвязанных процессов магматизма, осадконакопления, метаморфизма, которые отражают проявление общей закономерности формирования континентальной коры путем “единства и борьбы” процессов океанизации и континентализации. Установлена природа коровых волноводов, вскрытых Кольской и Саатлинской скважинами в верхней коре. Наблюдаемые на глубинах 3,5-9,5 км резкие инверсии скорости продольных волн в разрезах, сложенных близкими по минеральному и химическому составу породами, обусловлены наличием горизонтов

и зон с аномально высокими пористостью (в 2-3 раза превышающей выше- и нижезалегающие породы) и трещиноватостью (в 10-20 раз), а также анизотропией упругих свойств и могут формироваться различными способами: путем гидрогенно-геохимического разуплотнения при дегидратации в закрытых условиях или путем захоронения горизонтов экзогенной трещиноватости, поддерживаемой процессами нисходящей фильтрации и гидратации исходных вулканогенных пород. Увеличение пустотности пород обусловило заметное уменьшение скорости упругих волн, а направленная ориентированность возникающих трещин – анизотропию упругих и теплофизических свойств. Учитывая сказанное, надежным показателем выявления глубинных коровых поровых волноводов можно считать комбинацию инверсии скорости волн с повышенной (в 40-60 раз) электропроводностью [14].

Эти результаты подтверждают зональность распределения напряжений вокруг сверхглубоких скважин, поскольку само наличие таких пустотных зон на больших глубинах было бы просто невозможным [15].

Как аппаратура, так и технологии контроля поддавались многочисленным испытаниям, начиная от заводских, ведомственных и межведомственных приемных испытаний и заканчивая государственными. Проведено испытание аппаратуры и технологии контроля упругих свойств на образцах разных пород: крупнозернистых гранитах, однородных песчаниках, песчаниках с большими неравномерными включениями глинистых фракций, слоистых песчаниках, алевролитах, аргиллитах, угле, железных и фосфатных рудах, бокситах, кернах сверхглубоких скважин, композитных материалах, а также на весьма пористых породах – резаному известняку, ракушечнику, марганцевых конкрециях из глубин океана свыше 6000 м. На однородных породах выделение поперечной волны четкое; на слоистых, пористых и зернистых породах менее четкое, но сдвиговая волна определяется на всех образцах без исключения. По качеству осциллограмм способы равноценны иммерсионному методу. Их бесспорным достоинством является высокая производительность за счет доведения измерений практически к автоматизированному получению результатов.

Приборы «Керноскоп-1» и «Керноскоп-2» переданы для апробации и внедрения ПО «Укруглегеология», «Кузбассуглеразведка», «Ростовуглеразведка», «Интауглеразведка», «Востокуглеразведка», «Дальвостокуглеразведка», а также в институт ВСЕГИНГЕО для контроля керна сверхглубоких скважин. Методические рекомендации и руководства по утвержденным спискам разосланы во все геологоразведочные и углеразведочные экспедиции, подчиненные Министерству геологии и Министерству угольной промышленности, а также в заинтересованные организации. Для потребностей геологической разведки проведены массовые исследования горных пород Западного и Центрального районов Донбасса. Прибор УК-10ПМС передан ПГО «Недра» для контроля керна на базовом кернохранилище сверхглубоких скважин, г. Ярославль. Применение портативной аппаратуры типа «Керноскоп», УК-10ПМС, УК-10ПМ, а также любой другой ультразвуковой аппаратуры, позволяет проводить массовые экспресс-определения упругих и прочностных свойств различных горных пород, в

результате чего увеличивается объем информации об этих свойствах при значительном снижении затрат на испытания горных пород и геологоразведочные работы в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Особенности изучения геологического строения и геомеханического состояния массива горных пород скважинами сверхглубокого бурения / Б.М. Усаченко, А.А. Яланский, Т.А. Паламарчук, Н.Т. Бобро, Т.И. Яровая // Матеріали міжнародної конференції "Форум гірників – 2010" (частина 3) – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2010. – С. 35 – 43.
2. Методические рекомендации по инженерно-геологическому изучению глубоких горизонтов месторождений твердых полезных ископаемых при разведке. Одобрено управлением гидрогеологических работ Мингео СССР / В.В. Фромм, К.-А.К. Вайтекунас, А.А. Дончук, А.А. Яланский. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1985. – 38 с.
3. А.с. 1075146 (СССР). Устройство для ультразвукового контроля / А.А. Яланский, Н.А. Глухов, А.А. Лукашев, В.А. Глухих, А.В. Бойко // Открытия. Изобретения, 1984. – № 7. – С. 140.
4. А.с. 1221581 (СССР). Способ измерения времени распространения поперечных волн / В.Т. Глушко, И.А. Глухов, А.А. Яланский, Г.В. Балицкий, В.А. Глухих, С.А. Гришечкин // Открытия. Изобретения, 1986. – № 12. – С. 207.
5. А.с. 1259184 (СССР) Устройство для контроля физико-механических свойств образцов материала / В.Т. Глушко, А.А. Яланский, В.М. Бобренко, А.Н. Римар, С.А. Гришечкин, В.А. Глухих (СРСР). – Не публикуется.
6. А.с. 1394120 (СССР). Способ определения скорости распространения поперечных волн в твердой среде / В.Т. Глушко, А.А. Яланский, А.В. Бойко, В.С. Хандецкий, Л.В. Фортуна // Открытия. Изобретения, 1988. – № 17. – С. 174.
7. Временные методические указания по определению упругих свойств горных пород ультразвуковым методом на необработанных образцах керна геологоразведочных скважин. РД / А.А. Яланский, Т.А. Паламарчук, С.И. Скипочка и др. – Л.: ВНИМИ, 1987. – 40 с.
8. А.с. 572704 (СССР). Устройство для ультразвукового контроля / В.Т. Глушко, Е.В. Терентьев, А.М. Куш, А.А. Яланский, В.А. Глухих // Открытия. Изобретения, 1977. – № 34. – С. 105.
9. А.с. 734552 (СССР). Устройство для определения физических характеристик образцов / В.Т. Глушко, Г.И. Луговой, В.Ф. Череповский, А.А. Яланский, В.Н. Лупырь, В.А. Чумак, В.А. Глухих // Открытия. Изобретения, 1977. – № 18. – С. 229.
10. Методические указания по разработке руководств для экспресс-определения прочностных свойств углевмещающих пород по керну геологоразведочных скважин. РД / Ю.Г. Мясников, А.А. Майборода, Р.Х. Миняфаев, Г.Ф. Клепач, А.А. Яланский и др. – Л.: ВНИМИ, 1983. – 66 с.
11. Руководство по экспресс-определению прочностных свойств углевмещающих пород Донбасса по их геологическим характеристикам и акустическим измерениям кернов геологоразведочных скважин. РД / А.А. Майборода, Р.Х. Миняфаев, О.С. Алферов, А.А. Яланский, Т.А. Паламарчук и др. – Днепрпетровск: ДГИ, 1988. – Ч. I. – 48 с., Ч. II. – 82 с.
12. Ультразвук в разведочном бурении. Библиотека передового опыта / В.Т. Глушко, А.М. Куш, П.К. Кучеба, В.И. Хлыстов, А.А. Яланский. – Донецк: Донбасс, 1974. – 72с.
13. Кременецкий А.А. Геологическая природа сейсмических границ континентальной коры / А.А. Кременецкий // Сверхглубокое континентальное бурение и глубинные геофизические исследования. – Ярославль: МинГЕО СССР, 1988. – 144 – 147 с.
14. Глубинное строение континентальной коры по Кольской, Криворожской, Уральской, Мурунтауской, Саатлинской сверхглубоким скважинам / Э.Б. Наливкина, А.С. Остроумова, С.Н. Сулова и др. // Сверхглубокое континентальное бурение и глубинные геофизические исследования. – Ярославль: МинГЕО СССР, 1988. – 229 – 231 с.
15. Открытие № 318. Закономерность пространственно-временной структурно-фазовой самоорганизации грунтовых и породных массивов вокруг протяженных подземных выработок / Л.В. Байсаров, М.А. Ильяшов, В.В. Левит, Т.А. Паламарчук, В.Н. Сергиенко, В.Б. Усаченко, А.А. Яланский // Научные открытия, идеи, гипотезы (1992-2007). Информационно-аналитический обзор. – М.: МААНОН, 2008. – С. 298-299.