Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. XCIII, 1982 г.

УДК 6.22.245

О КОРРЕЛЯЦИИ УСТОЙЧИВОСТИ СТЕНОК СКВАЖИН С КАРБОНАТНОСТЬЮ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД

Д.И.БЕРЕСНЕВА, Ю.М.ЧАЩИНОВ,
Л.А.КУЗЬМЕНКО

Аргиллиты разведочнинской свиты D_{1-2}^{rz} Талнахского месторождения, известные под названием «стреляющих», нередко обрушаются в стволе бурящихся скважин. Предыдущие исследования [7] были посвящены выявлению причин неустойчивости аргиллитов, изучению их минерального состава. Разрез разведочнинской свиты был детально исследован; по механическим свойствам и степени сохранности керна условно разбит на две чередующиеся группы: устойчивые и неустойчивые.

При помощи метода рентгеновской дифракции [4-6] и дифференциально-термического анализа был изучен минеральный состав двух выделенных групп и произведено сравнение. Для группы неустойчивых аргиллитов в сравнении с устойчивыми выявилось [I] повышенное содержание глинистых минералов с набухающей при взаимодействии с жидкостями кристаллической решеткой (смешанно-слойное соединение гидрослюда-монтмориллонит), повышенное содержание растительной органики (тонкорассеянный растительный детрит), также набухающей при взаимодействии с жидкостями и, напротив, незначительное количество или полное отсутствие минералов группы карбонатов, являющихся, по-видимому, цементирующим материалом.

Все это доказывает предположение, что способность аргиллитов распадаться на мелкие обломки, вызывающая обрушение в стволе скважины, связана с особенностями их минерального состава. Прослои неустойчивых аргиллитов встречаются во всех скважинах разведочнинской свиты Норильского горно-промышленного района, залегая в переслаивании с устойчивыми породами; среди последних, кроме аргиллитов, встречаются песчаники, известняки, мергеля. Мощность прослоев неустойчивых аргиллитов, и соответственно их суммарная мощность в разрезе свиты по площади месторождения неодинакова. Резким увеличением в разрезе свиты мощности неустойчивых аргиллитов объясняется появление аварийных (с обрушением) скважин. Стенки скважин, сложенных аргиллитами, обрушаются через 4-5 суток после раз-

буривания, что дает некоторый запас времени для диагностики аргиллитов по группам. Для этого следует определять минеральный состав пород, поднятых каждым рейсом, и параллельно с проходкой скважины составлять ее разрез по устойчивости.

Определение глинистых минералов рентгеновскими методами в полевых условиях затрудняется из-за сложности аппаратуры, работа с которой требует специальной подготовки.

Поэтому в качестве критерия для выделения неустойчивых аргиллитов среди устойчивых была использована зависимость устойчивости аргиллитов от их карбонатности, т.е. процентного содержания в них CO_2. Участие карбонатов в цементе аргиллитов оказывает значительное влияние на прочностные свойства последних: увеличение содержания карбонатов повышает устойчивость стенок скважин [2]. На примере Воркутинского месторождения установлена тесная корреляционная связь между пределом прочности на одноосное сжатие и содержанием в породах карбонатов [2].

Для определения процентного содержания минералов группы карбонатов в аргиллитах был применен объемный экспресс-метод определения CO_2 [3], сущность которого заключается в следующем: навеску породы растворяют в определенном объеме титрованного раствора соляной кислоты, затем титруют избыток кислоты раствором щелочи в присутствии метилового красного.

Выбор индикатора имеет существенное значение, поскольку кислота не только переводит в раствор карбонаты, но в некоторой мере, неодинаковой для различных пород, растворяет компоненты силикатного состава (Al_2O_3, Fe_2O_3), а также возможную примесь минералов-окислов железа. В результате этого расход кислоты несколько превышает тот, который обусловлен имеющимися карбонатами. При обратном титровании раствором щелочи сначала нейтрализуется избыток кислоты, а далее щелочь расходуется на осаждение гидроокисей алюминия и железа, перешедших в раствор при кислотной обработке. В результате перерасход щелочи окажется равным перерасходу кислоты, иначе говоря, разность будет отвечать содержанию CO_2.

Расчет CO_2 производят следующим образом:

$$C = \frac{(V_1N_1 - V_2N_2)\,22}{a\,10},$$

где C – содержание CO_2, %; V_1 – объем введенного раствора HCl, мл; N_1 – концентрация раствора кислоты, г-экв/л; V_2 – объем израсходованного на обратное титрование раствора щелочи, мл; N_2 – концентрация раствора щелочи, г-экв/л; a – навеска породы, г.

Содержание CO_2 в аргиллитах разведочнинской свиты определялось по керну скважин СВ-4, I6I6, I509, I52I, ТМ-I, ТМ-2. Породы, слагающие разведочнинскую свиту каждой скважины, по литолого-механическим признакам (изложенным выше) разбивались на пачки, соответствующие устойчивым и неустойчивым разновидностям аргиллитов. Из каждой выделенной пачки отбирались пробы. Если в пачках фиксировались прослои или они представляли собой переслаивание аргиллитов с разными свойствами, бралось несколько проб.

Таблица 1

Литолого-механическая характеристика разреза скважин СВ-4, 1616

Свита	Глубина по разрезу, м	Мощность интервала, м	Литологическое описание с указанием сохранности керна	Механическая характеристика пород: устойчивые (у), неустойчивые (н)	Номер пробы по журналу	Содержание CO_2, %	Минеральный состав (по рентгеноструктурному анализу)
			Скважина СВ-4				
Разведочинская свита D_{1-2}^{rz}	1783,6	4,0	Аргиллит слегка ороговикованный, бурого цвета, массивный, крепкосцементированный, с повышенной плотностью, переполнен зеркалами скольжения, раскалывается на монолиты мощностью 15-20 см	у	1	0,98	гс-мм, хл (м), кв
	1787,6		В конце интервала аргиллит сильно перемят, разрушен до тонкой крошки и пыли	н	2	1,08	гс-мм, хл, кв, дм (м), пт
	1788,4	0,8	Известняк	у	3	24,94	хл, кв, кц, дм, пш
	1791,2	0,8	Аргиллит серый, крепко сцементированный, с повышенной плотностью, с кварцевыми прожилками	у	4	3,81	гс-мм, хл, кв, кц, дм, пш, пт
			Прослой 10 см сильно перемят	н	5	2,31	гс-мм, хл, кв, кц (м), дм (м)
	1795,4	4,2	Аргиллит серый, крепко сцементированный, с кварцевыми прожилками, с повышенной плотностью	у	6	7,79	-
	1797,2	1,8	Аргиллит серый до черного, переполненный зеркалами скольжения; на протяжении 20 см кровли керн в виде мелких кусочков, ниже - неровных плиток, крупных кусков	н у	7 8	1,33 2,35	гс-мм, хл, кв, кц (сл), пт гс-мм, хл, кв, кц, дм
	1802,2	5,0	Бурение шарошкой				
	1805,4	3,2	Выход керна 0,00				
	1809,2	3,8	Аргиллит серый до черного цвета; керн разрушен до мелких острых кусочков	н	9	1,41	-
	1824,6	15,4	Бурение шарошкой				
	1827,0	2,4	Аргиллит темно-коричневый с зеркалами скольжения, сильно перемят; керн в мелких кусочках	н н	10 11	1,83 1,59	гс-мм, хл, кв -

Продолжение табл. 1

Свита	Глубина по разрезу, м	Мощность интервала, м	Литологическое описание с указанием сохранности керна	Механическая характеристика пород: устойчивые (у), неустойчивые (н)	Номер пробы по журналу	Содержание CO_2, %	Минеральный состав (по рентгеноструктурному анализу)
Разведочинская свита D_{1-2}^{rz}	1842,7	15,7	Бурение шарошкой				
	1845,2	2,5	Выход керна 0,00				
	1846,2	1,0	Аргиллит темно-серый с голубым оттенком, крепкосцементированный, с повышенной плотностью; керн разбит на плитки мощностью 2-3 см	у у у	12 13 14	7,29 8,82 6,49	- - гс-мм, хл, кв, кц, дм, пш
	1847,1	0,9	Аргиллит серый до черного, переполненный зеркалами скольжения, сильно перемятый; керн в состоянии трухи; встречаются единичные монолиты крепко сцементированные, мощностью 3-4 см	н у	15 16	2,16 3,48	- гс-мм, хл, кв, кц, дм, пш (сл)
	1871,8	24,7	Бурение шарошкой				
	1872,7	0,9	Выход керна 0,00				
Курейская свита D_1^{kr}	1885,1	12,4	Бурение шарошкой				
	1888,1	3,0	Бурение шарошкой				
	1891,0	2,9	Аргиллит темно-коричневый, крепкосцементированный, переполненный зеркалами скольжения; керн разбит на мелкие острые кусочки, среди которых попадаются редкие крупные с повышенной плотностью	н н	17 18	2,72 1,92	- гс-мм, хл, кв, дм (м), пт
			Скважина СВ-1616				
Разведочинская свита D_{1-2}^{rz}	1087,1 1089,1	2,0	Аргиллит серый; керн разбит на мелкие острые кусочки, среди которых встречаются крупные крепкосцементированные	н н	19 20	0,98 2,07	- -
	1010,0	10,9	Аргиллит серый; керн разбит на мелкие острые кусочки и мелкую мягкую крошку, легко переходящую в пыль	н	21	1,08	гс-мм, хл, кв, кц (сл)
	1111,6	1,6	Аргиллит серый; керн разбит на острые кусочки неправильной формы (более крупные чем в вышележащем слое) и мелкую острую твердую крошку	н	22	1,20	-

Окончание табл. 1

ита	Глубина по разрезу, м	Мощность интервала, м	Литологическое описание с указанием сохранности керна	Механическая характеристика пород: устойчивые (у), неустойчивые (н)	Номер пробы по журналу	Содержание CO_2, %	Минеральный состав (по рентгеноструктурному анализу)
	1113,2	1,6	Аргиллит серый, крепкосцементированный, слегка перемят; керн представлен монолитами 3-4 см	у	23	2,83	гс-мм, хл, кв, пш
	1114,8	1,6	Аргиллит серый, крепкосцементированный; керн разбит на вытянутые длинные куски	у	24	2,39	-
	1133,7	18,0	Аргиллит серый, с повышенной плотностью; керн представлен монолитами мощностью 5-6 см	у	25	3,00	гс-мм, хл, кв, кц
	1135,8	2,1	То же	у	26	1,92	-
	1138,3	2,5	Аргиллит темно-серый; на протяжении 30 см керн разбит на мелкие, легко разламывающиеся кусочки, ниже - на более крупные и крепкосцементированные	н н	27 28	1,37 2,08	- гс-мм, хл, кв
	1159,0	20,7	Бурение шарошкой				
	1160,0	1,0	Аргиллит серый, крепкосцементированный, с зеркалами скольжения; керн разбит на крупные и мелкие куски различной ориентировки	у	29	3,08	-

Примечание. гс-мм - смешанно-слойное образование гидрослюда-монтмориллонит, хл - хлорит, - кварц, дм - доломит, кц - кальцит, п.ш - полевой шпат, пт - пирит, (сл) - (следы), (м) - ало), (мн) - (много).

ределение CO_2 в каждой пробе производилось неоднократно, до получения ентичных результатов. Всего было исследовано около 80 проб (табл.I-3). имерно половина из них изучена методом рентгеновской дифракции на дифктометре «ДРОН-2,0" с использованием в основном отфильтрованного $Cu_{K\alpha}$ Ni-фильтр) или $Fe_{K\alpha}$ (Mn-фильтр) излучения. Режим съемки: щели - 0,5; 0; 0,25, раздвижная щель - 8, щели Соллера (с вертикальной расходимостью 5^0); скорость вращения счетчика 2^0/мин, скорость подачи диаграммной лен- 2400 мм/ч, предел измерения I, постоянная времени I. Описание подготов- образцов для съемки, а также способы приготовления ориентированных (для инистых минералов) и неориентированных (для всех остальных) образцов дробно излагались ранее [I].

Поскольку в данной работе особое внимание уделялось определению миералов группы карбонатов, помимо указанного выше режима съемки, позволяю-

Таблица 2

Распределение устойчивых и неустойчивых аргиллитов
по интервалам карбонатности

Интервалы содержания CO_2, %	Количество проб устойчивых (у) и неустойчивых (н) аргиллитов по скважинам												Общее количество проб	
	СВ-4		1616		1509		1521		ТМ-1		ТМ-2			
	у	н	у	н	у	н	у	н	у	н	у	н	у	н
0,5–1,0	1	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	1	1
1,0–1,5	–	1	–	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4
1,5–2,0	–	4	1	–	–	3	–	–	–	–	–	–	1	7
2,0–2,5	2	1	1	2	–	1	–	–	–	–	–	5	3	9
2,5–3,0	1	1	1	–	–	6	–	–	1	2	2	8	5	17
3,0–3,5	1	–	2	–	3	–	–	–	–	–	7	1	13	1
3,5–4,0	1	–	–	–	–	–	1	–	–	1	2	–	4	1
4,0–4,5	–	–	–	–	2	–	–	–	–	–	1	–	3	–
4,5–5,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	1	–
5,0–5,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5,5–6,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6,0–6,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6,5–7,0	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–
7,0–7,5	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–
7,5–8,0	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–
8,0–8,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8,5–9,0	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–
24,5–25,0	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–

Таблица 3

Изменение соотношения устойчивых и неустойчивых аргиллитов
с ростом карбонатности

Интервалы содержания CO_2, %	Устойчивые аргиллиты		Неустойчивые аргиллиты	
	Количество	%	Количество	%
0,5–25,0	36	47	40	53
1,0–25,0	35	47	39	53
1,5–25,0	35	50	35	50
2,0–25,0	34	55	28	45
2,5–25,0	31	62	19	38
3,0–25,0	26	93	2	7
3,5–25,0	13	93	1	7
4,0–25,0	9	100	0	0

щего определять содержание минералов в количестве не менее I %, применялась съемка при более мощном облучении образцов, для чего удалялись щели I,0 и Соллера, позволяющая определять содержание минералов до 0,I %. Дифрактограммы снимались в узком интервале углов 2θ (25-35°), где расположены I00 %-ные интерференционные линии наиболее широко распространенных карбонатов: кальцита, доломита, магнезита, анкерита, родохрозита, арагонита. Интенсивные линии других минералов аргиллитов в этом интервале отсутствуют, что облегчает проведение диагностики карбонатов (рис.I). Сравнение всех полученных результатов, приведенное в табл.I-3 и графике (рис.2), отражает картину колебаний содержания CO_2 в аргиллитах разведочнинской свиты по разрезу и площади и позволяет установить процентную границу между устойчивыми и неустойчивыми разновидностями аргиллитов.

Наиболее резкие колебания содержаний CO_2 в устойчивых и неустойчивых аргиллитах наблюдаются в скважине СВ-4 (табл.I). Неустойчивые разности характеризует содержание CO_2 в пределах I-2 % (изредка несколько выше 2 %), тогда как в устойчивых содержание CO_2 поднимается от 2 с десятыми долями процента до 7-9 %. Границей между этими разновидностями можно принять 2-2,5 % содержания CO_2.

В скважине I6I6 (табл.I) наблюдается заметное снижение карбонатности устойчивых аргиллитов: содержание CO_2 не превышает 3 % с небольшим.

Поскольку содержание CO_2 в неустойчивых аргиллитах по-прежнему остается в пределах I-2 %, то заметно снижается амплитуда колебаний в содержании CO_2 при сравнении двух разновидностей. Тем не менее границей

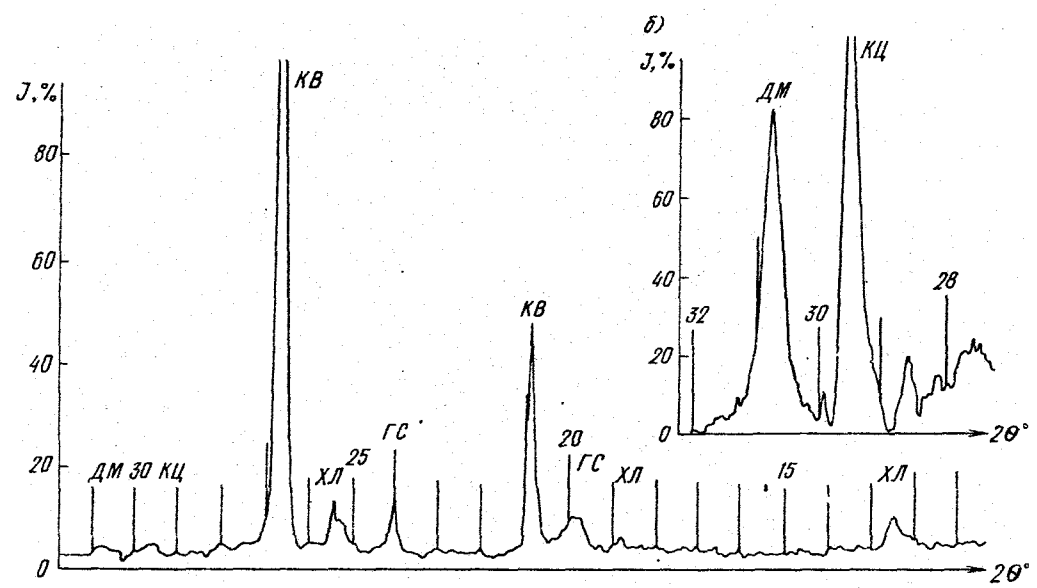


Рис.1. Дифрактограмма аргиллита разведочнинской свиты Талнахского месторождения: а - образец 5 (скважина СВ-4 на глубине 1791,2 м); б - образец 14 (скважина СВ-4 на глубине 1845,2-1846,2 м)

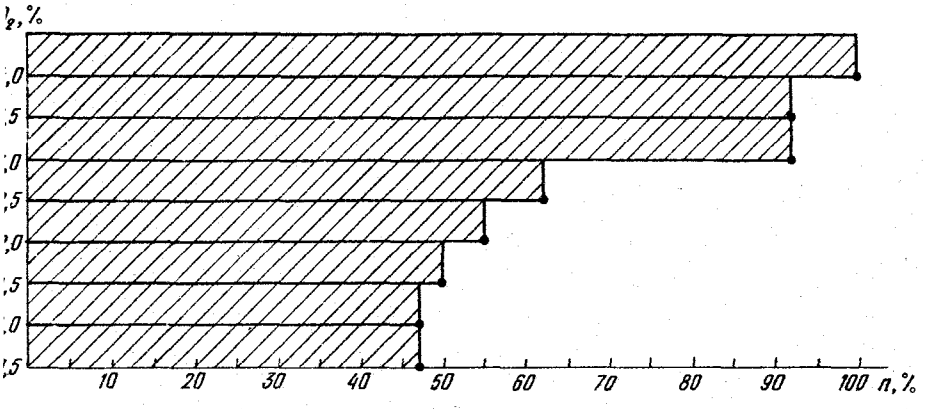


Рис.2. Соотношение между устойчивостью аргиллитов и степенью их карбонатности
(n - количество проб устойчивых аргиллитов)

жду ними остается 2 % содержания CO_2. В скважинах ТМ-2 и 1509, напро-в, в сравнении с двумя предыдущими скважинами карбонатность неустойчи-х аргиллитов повышается (CO_2 колеблется в пределах 2,25-2,90 %). Ус-йчивые аргиллиты характеризуются содержанием CO_2 в пределах 3,0-4,7 %, связи с чем граница между разновидностями определяется 3 % содержа-я CO_2.

Таким образом, устойчивость стенок скважины зависит от степени кар-натности аргиллитов.

Из табл.2, 3 и из рис.2 видно, что в целом на Талнахском месторож-нии устойчивость аргиллитов, а следовательно и стенок скважин, резко еличивается при повышении содержания в аргиллитах CO_2 от 2,5 до 3 %. оцент устойчивых проб аргиллитов повышается при этом от 62 до 93 % и и содержании CO_2 4 % и более достигает 100 %. Следовательно, с боль-й степенью уверенности можно утверждать, что аргиллиты с содержанием $_2$ более 3 % будут при бурении устойчивыми. Следует отметить, что в ст-льных скважинах эта цифра несколько ниже. Так, содержание CO_2 в ар-иллитах, встреченных в скважинах СВ-4 и 1616, равно 2 %.

Таким образом, при разбуривании разведочнинской свиты следует опре-лять содержание CO_2 в аргиллитах параллельно с проверкой показателей рового раствора. При содержании CO_2 в пробах выше 3 % можно с доста-чной уверенностью предполагать устойчивость стенок скважины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Береснева Д.И., Чашинов Ю.М. О влиянии минерального состава аргиллитов зведочнинской свиты Талнахского месторождения на устойчивость стенок скважин. - Зап. ЛГИ, 31, т.86.

2. Калимов Ю.И., Шишкин В.П., Филатова Е.В. и др. Влияние минералогического состава пород на их прочностные свойства и буримость. - Физико-технические проблемы разработки месторождений полезных ископаемых, 1971, № 4.

3. Книпович Ю.Н., Морачевский Ю.В. Анализ минерального сырья. Л., ГХИ, 1959.

4. Кууспалу Т., Ванамб В., Утсал К. О минералогии коры выветривания кристаллического фундамента Эстонии. - В кн.: Труды по геологии. Уч. записки Тартуского гос. ун-та. 1971, т. 6.

5. Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов. Под ред. Г.Брауна, М., Мир, 1965.

6. Утсал К. О технике и методике исследования глинистых минералов рентгеновскими методами. - В кн.: Труды по геологии. Уч. записки Тартуского гос. ун-та. 1971, т. 6.

7. Яковлев А.М., Вартыкян В.Г., Береснева Д.И. и др. Опыт бурения неустойчивых аргиллитов. Экспресс-информация технологии и техники геологоразведочных работ. № 20. М., ВИЭМС, 1979.