



УДК 553.94:552.1(571.17)

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И ФИЗИЧЕСКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УГЛЕВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД МОХОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУЗБАССА

В. Е. Ольховатенко*, Г. И. Трофимова**

Проведены исследования физико-механических свойств углевмещающих пород Моховского месторождения Кузбасса. Выделенные в разрезе типы пород существенно отличаются по своей устойчивости в бортах Моховского углеразреза, наиболее устойчивы не затронутые выветриванием песчаники. Устойчивость бортов, сложенных выветренными породами, зависит от их состояния, степени выветренности и трещиноватости, значительно снижающие их прочностные характеристики.

Ключевые слова: Моховское месторождение Кузбасса, каменные угли, устойчивость бортов карьера, прочностные характеристики угленосных отложений.

STUDY OF COMPOSITION AND MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF COAL-BEARING ROCKS IN THE MOKHOVSKOYE FIELD OF KUZBASS

V. E. Olkhovatenko, G. I. Trofimova

Studies were conducted to define mechanical and physical properties of coal-bearing rocks in the Mokhovskoye field of Kuzbass. Rock types distinguished in the section significantly differ in their stability of pit edges within the Mokhovskoye coal strip mine, the most stable rocks are represented by sandstones, unaffected by weathering. The stability of edges made up by weathered rocks depends on their condition, degree of weathering and fracturing, considerably reducing their strength characteristics.

Keywords: Mokhovskoye field of Kuzbass, coals, stability of pit edges, strength characteristics of coal-bearing deposits.

Моховское месторождение, одно из крупнейших в Кузнецком угольном бассейне, в геологическом отношении представлено отложениями тайлуганской (P_2tl) и грамотеинской (P_2qr) свит [1].

В разрезе распространены песчаники, алевролиты, аргиллиты и угли, которые в зоне выветривания разбиты системой трещин и обладают более низкими значениями прочностных характеристик. Это вызывает необходимость разделения пермских пород на две группы: затронутые и не затронутые выветриванием.

Породы, **затронутые выветриванием**, распространены до глубин 25–60 м и отличаются повышенной трещиноватостью и пониженной прочностью, довольно часто пропитаны гидроокислами железа, из-за чего имеют желтую или ржаво-бурую окраску. Также типичным их признаком является микротрещиноватость отдельных обломков минералов, наиболее широко развитая в зернах полевых шпатов. Нередко микротрещины заполнены гидроокислами железа (рис. 1), а в отдельных образцах наблюдается разрушение минералов со смещением обломков относительно друг друга. Наряду с этим в некоторых шлифах отмечены буроватые оторочки вокруг обломков сидерита; это результат процессов окисления. Литологически породы зоны выветривания представлены песчаниками, алевролитами и каменными углями [3].

Песчаники зоны выветривания распространены незначительно на глубине 7,0–50,0 м, обычно это серые и желтовато-серые породы, минера-

логически довольно однообразные. По характеру и типу цементации выделяются два типа песчаников: 1) с обильным карбонатным цементом; 2) с глинисто-карбонатным цементом.

В первой разновидности содержится большое количество карбонатов (40 %), которые являются цементом. В обломочной части присутствуют кварц (15–20 %), полевые шпаты (10–15 %), кислые эффузивы (20–30 %), карбонатные породы (5–10 %), кварциты (10–15 %). Цемент, как правило, базальный.

Вторая разновидность характеризуется глинистым или смешанным карбонатно-глинистым цементом, обычно пленочного типа. Обломочная часть пород представлена доломитом (20–30 %), кварцем (15–25 %), полевыми шпатами (10–15 %), кислыми эффузивами и кварцитами (15–25 %). В примесях всегда содержатся серицитовые сланцы, слюда, псевдоморфозы хлорита.

Песчаникам свойственно высокое содержание песчаной фракции (до 57,67 %), в то время как глинистая не превышает 9,47 %. Плотность грунта колеблется от 2,03 до 2,37 г/см³, пористость – от 12,11 до 31,06 % при коэффициенте 0,249.

Временное сопротивление сжатию песчаников зоны выветривания 6,14–50,50 МПа, растяжению – 4,6–7,11 МПа.

Алевролиты зоны выветривания залегают на глубине 5–60 м и среди пород угленосной толщи развиты максимально широко. Макроскопически они обычно тонкослоистые, пепельно-серые, иногда серые с зеленоватым оттенком. Слоистость чаще горизонтальная, нередко сопровождается открытыми трещинами послойной отдельности.

* ТГАСУ (Томск); ** ТГАСУ (Ленинск-Кузнецкий)

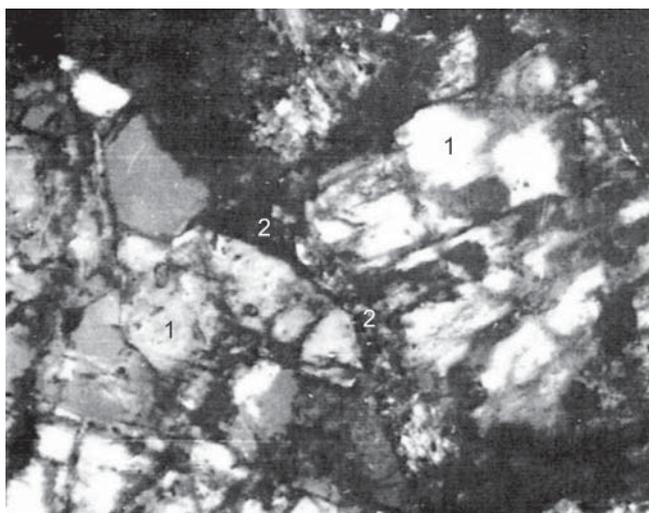


Рис. 1. Раздробленные зерна плагиоклаза в выветреном песчанике
1 – плагиоклаз; 2 – гидроокислы железа

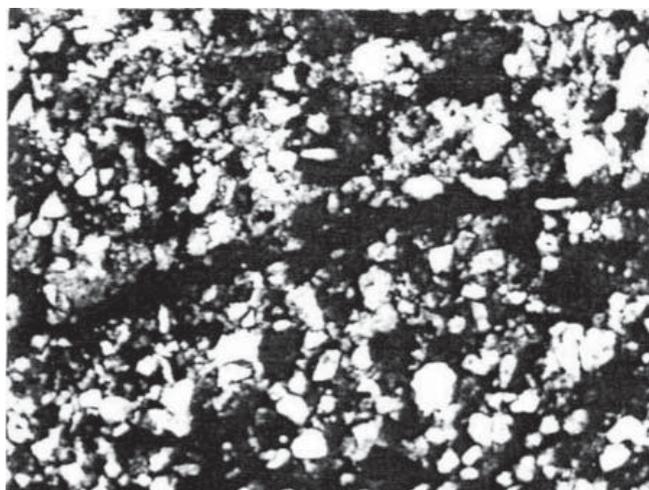


Рис. 2. Алевролит крупнозернистый со слюдисто-карбонатным цементом

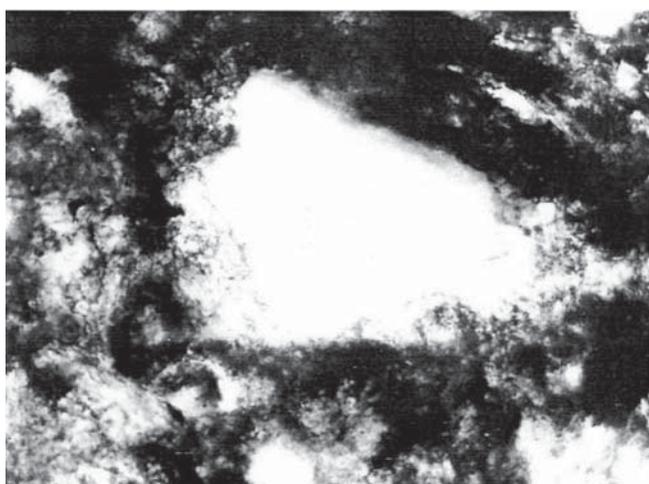


Рис. 3. Алевролит мелкозернистый с обильным серицито-карбонатным цементом

Минералогически обломочная часть пород представлена кварцем (15–20 %), кислыми эффузивами (30–45 %), полевыми шпатами (10–15 %). В качестве примесей присутствуют слюды, хлорит. Цемент слоисто-карбонатный (рис. 2, 3), пленоч-

ный с переходом в поровый, в редких случаях базальный.

По данным гранулометрического анализа алевролиты характеризуются высоким содержанием пылевой фракции (в среднем 50,42 %). По физико-механическим свойствам они близки к песчаникам: средние значения плотности грунта и плотности частиц грунта практически совпадают, а естественная влажность алевролитов в среднем лишь на 3 % выше. Отмеченные особенности обуславливают более низкие значения прочностных показателей. Так, обобщенный показатель временного сопротивления сжатию алевролитов составляет 14,76 МПа (на 5,35 МПа меньше, чем песчаников). Аналогичная картина свойственна углам внутреннего трения и сцепления, которые у песчаников выше, чем у алевролитов.

Аргиллиты зоны выветривания развиты широко и представлены почти мономинеральной массой, состоящей из тончайших чешуек гидрослюд с примесью угольной пыли. По данным гранулометрического анализа в аргиллитах преобладает глинистая фракция – до 46,46 %, в то время как песчаная не превышает 10,27 %. Плотность частиц аргиллитов 2,59–2,70 г/см³. Прочностные показатели аргиллитов значительно ниже, чем алевролитов и песчаников, что объясняется преимущественно глинистым составом пород, степенью их выветрелости и трещиноватости. Обладая типичной пелитовой структурой, аргиллиты характеризуются невысокими значениями углов внутреннего трения (не более 35°).

Удельное сцепление для этих пород составляет 0,35–0,50 МПа, что в 6–9 раз меньше, чем алевролитов и песчаников.

Из-за этих особенностей аргиллиты обладают наименьшей устойчивостью в бортах карьеров, особенно в увлажненном состоянии. Наличие прослоев аргиллитов в толще пермских отложений может послужить причиной деформаций бортов карьера.

Каменный уголь зоны выветривания представлен блестящими и полублестящими разностями с раковистым и полураковистым разломом. По плоскостям излома нередко наблюдаются налеты кальцита. Часто в пластах угля встречаются прослои аргиллитов, алевролитов, а иногда и песчаников. Угли интенсивно трещиноватые, нередко содержат пирит. Плотность частиц углей составляет 1,33–1,49 г/см³.

Прочностные характеристики определялись только для образцов с нарушенной структурой: угол внутреннего трения 32°, сцепление 0,02 МПа (табл. 1).

Породы, *не затронутые выветриванием*, представлены песчаниками, алевролитами, мергелями, аргиллитами и углями [2].

Песчаники распространены довольно широко на глубинах 45–125 м в виде не выдержанных по простиранию слоев мощностью 0,5–35 м.



Таблица 1

Физико-механические свойства каменных углей

Свойства	Каменные угли	
	выветрелые	невыветрелые
Плотность, г/см ³ частиц грунта	<u>1,33–1,49</u>	<u>1,34–1,40</u>
	1,39	1,37
грунта	<u>1,20–1,29</u>	<u>1,23–1,25</u>
	1,24	1,24
сухого грунта	<u>1,08–1,15</u>	<u>0,99–1,77</u>
	1,11	1,11
Естественная влажность, %	<u>9,25–13,77</u>	<u>6,73–25,19</u>
	10,97	12,01
Пористость, %	<u>16,06–20,00</u>	<u>14,60–28,26</u>
	18,04	16,27
Коэффициент пористости	<u>0,191–0,250</u>	<u>0,171–0,395</u>
	0,220	0,245
Степень влажность	<u>0,598–0,744</u>	<u>0,491–0,882</u>
	0,668	0,625
Полная влагоемкость, %	<u>13,97–20,19</u>	<u>14,88–28,55</u>
	17,47	15,55
Коэффициент внутреннего трения	<u>0,500–0,750</u>	<u>0,625–0,813</u>
	0,640	0,687
Угол внутреннего трения	<u>32°00'–36°52'</u>	<u>32°00'–39°</u>
	32°30'	34°
Сцепление, МПа	<u>0,012–0,07</u>	<u>0,02–0,1</u>
	0,045	0,05

Примечание. В числителе – диапазон, в знаменателе – среднее значение.

Внешне они серые или пепельно-серые, массивные, мелкозернистые. Обломочная часть пород представлена кварцем (20–25 %), кислыми эффузивами и кварцитами (25–30 %), карбонатами (20–25 %), полевыми шпатами (10–12 %); примеси – серицитовыми сланцами, обломками алевролитов, углей. Цемент карбонатный (рис. 4), гидрослюдисто-карбонатный (рис. 5, 6), в редких случаях кремнисто-глинисто-карбонатный. Тип цемента в основном пленочный, иногда базаль-

ный. Основные физико-механические свойства песчаников приведены в табл. 2

Песчаники характеризуются высоким содержанием песчаной фракции (61,52 %). Содержание пылеватых частиц 5,07–54,65 %, глинистых 0,19–36,44 %.

Прочностные свойства песчаников значительно выше, чем других типов пород (см. табл. 2), распространенных на Моховском месторождении.

Временное сопротивление сжатию в среднем 34,13 МПа, растяжению – 3,77 МПа, сцепление 1,60–16,80 МПа.

Алевролиты преимущественно тонкослоистые, пепельно-серые, серые и темно-серые. Слоистость, обусловленная присутствием детрита, чаще всего горизонтальная, редко косая либо слабоволнистая (рис. 6). Минеральный состав обломочной части алевролитов представлен кварцем (15–25 %), полевыми шпатами (10–20 %), кислыми эффузивами (20–30 %). В обломках всегда содержатся карбонаты, причем их количество достигает 40–60 %. Такое высокое их содержание позволяет утверждать, что при вскрытии алевролитов они будут более интенсивно подвергаться процессам выветривания. Алевролитам свойственна хорошая сортировка материала: большая их часть (80–80 %) состоит из обломков размером 0,01–0,1 мм, а обломки крупнее 0,1 мм присутствуют в виде единичных зерен (рис. 7). Цемент алевролитов за редким исключением сложный, по составу чаще гидрослюдисто-карбонатный, пленочный с переходом в поровый. В некоторых алевролитах содержатся примеси каолинита, заполняющие одиночные поры (рис. 8) или кремнистое вещество, образующее регенерационные каймы

Таблица 2

Физико-механические свойства пород, не затронутых выветриванием

Свойства	Типы пород			
	Песчаники	Алевролиты	Аргиллиты	Мергели
Плотность, г/см ³ частиц грунта	<u>2,46–2,81</u>	<u>2,47–2,80</u>	<u>2,62–2,80</u>	<u>2,52–2,87</u>
	2,67	2,66	2,70	2,67
грунта	<u>2,17–2,67</u>	<u>2,28–2,63</u>	<u>2,16–2,43</u>	<u>2,25–2,53</u>
	2,37	2,40	2,31	2,40
сухого грунта	<u>2,04–2,65</u>	<u>2,20–2,56</u>	<u>2,09–2,33</u>	<u>2,13–2,42</u>
	2,28	2,34	2,19	2,31
Естественная влажность, %	<u>0,60–8,49</u>	<u>1,29–8,90</u>	<u>4,17–7,41</u>	<u>1,17–7,50</u>
	3,28	3,49	5,62	3,97
Пористость, %	<u>1,85–23,60</u>	<u>3,52–17,47</u>	<u>13,36–25,37</u>	<u>6,25–21,96</u>
	14,20	11,84	18,62	13,30
Коэффициент пористости	<u>0,019–0,306</u>	<u>0,036–0,199</u>	<u>0,154–0,340</u>	<u>0,067–0,281</u>
	0,169	0,135	0,234	0,156
Степень влажности	<u>0,198–0,910</u>	<u>0,049–1,000</u>	<u>0,044–0,948</u>	<u>0,015–1,000</u>
	0,639	0,671	0,623	0,698
Временное сопротивление, МПа сжатию	<u>7,57–92,00</u>	<u>6,06–64,90</u>	<u>3,76–146,3</u>	<u>969–6165</u>
	34,13	29,73	8,43	2483
растяжению	<u>86–1010</u>	<u>0,47–9,12</u>	<u>0,62–1,18</u>	<u>0,72–3,38</u>
	377	2,71	0,88	2,15
Сцепление, МПа	<u>1,60–16,80</u>	<u>1,80–14,50</u>	<u>1,10–2,60</u>	<u>2,50–7,60</u>
	7,04	5,60	1,66	4,90

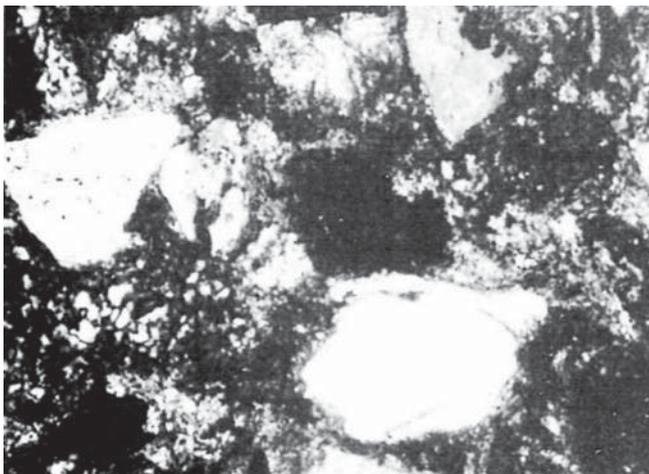


Рис. 4. Песчаник полимиктовый с базальным карбонатным цементом

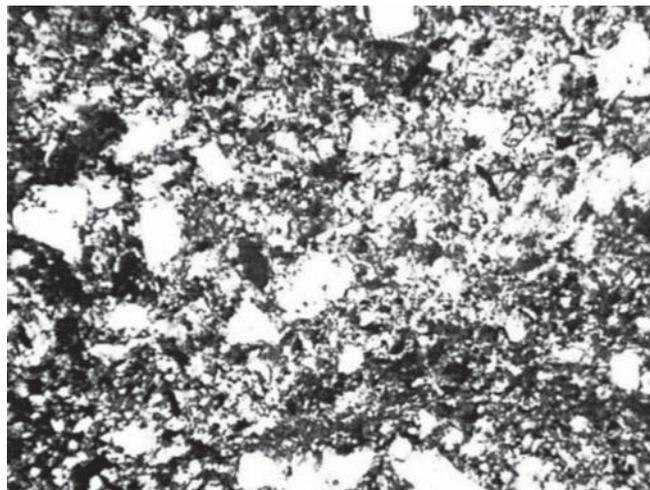


Рис. 7. Алевролит песчанистый с кремнисто-гидрослюдисто-карбонатным цементом



Рис. 5. Песчаник полимиктовый с гидрослюдистым цементом (1 – корродированный обломок кварца)



Рис. 8. Алевролит крупнозернистый с гидрослюдисто-каолиновым цементом



Рис. 6. Алевролит тонко- и горизонтально-слоистый. Черные слои обогащены углистым материалом

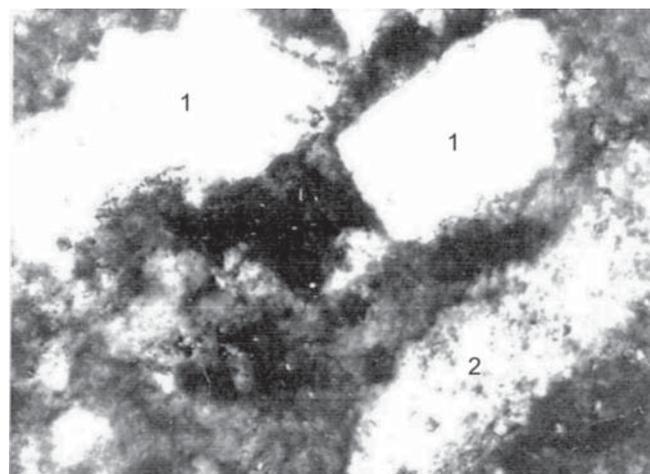


Рис. 9. Алевролит крупнозернистый полимиктовый с карбонатным цементом

1 – кварц; 2 – полевои шпат

на кварцевых обломках. Для всех алевролитов характерна угловато-оскольчатая форма обломков без признаков окатанности. Взаимоотношения обломков с веществом цемента иногда очень сложные, наблюдаются признаки разъедания плагиоклазовых и кварцевых зерен карбонатным цементом (рис. 9, 10).

Физико-механические свойства алевролитов приведены в табл. 2. Временное сопротивление сжатию изменяется от 6,06 до 64,90 МПа, растяжению – от 0,47 до 9,12 МПа.

Наиболее прочными являются алевролиты с карбонатным цементом. Увеличение в составе цемента гидрослюд приводит к снижению прочно-



Рис. 10. Алевролит крупнозернистый с кремнисто-карбонатно-слюдистым цементом

сти пород, что подтверждается результатами выполненных исследований.

Мергели на месторождении распространены незначительно, залегают в виде линз и прослоев на глубине 75–130 м. Текстура их обычно массивная, с характерным раковистым изломом. По физическому состоянию почти не отличаются от алевролитов.

Прочностные характеристики мергелей примерно соответствуют алевролитам. Так, временное сопротивление сжатию колеблется от 9,68 до 61,65 МПа (в среднем 24,83 МПа), растяжению – от 0,72 до 3,38 МПа (в среднем 2,15 МПа).

Аргиллиты имеют второстепенное значение; они развиты незначительно и отличаются темно-серой и серой окраской, иногда с буроватым оттенком. Слоистость обычно тонкая горизонтальная. Состав основной массы, по предвари-

тельным данным, глинистый, иногда с примесью кремнистого материала. Структура аргиллитов пелитовая. Плотность частиц грунта колеблется от 2,62 до 2,80 г/см³, естественная плотность 2,31 г/см³. Временное сопротивление сжатию в среднем 8,43 МПа, растяжению – 0,88 МПа.

Из приведенного описания состава и физико-механических свойств можно сделать вывод, что выделенные в разрезе типы пород будут существенно отличаться по своей устойчивости в бортах Моховского углераза. При этом не затронутые выветриванием песчаники будут характеризоваться наибольшей устойчивостью. Устойчивость бортов, сложенных выветренными породами, будет существенно зависеть от их состояния, степени выветренности и трещиноватости, которые значительно снижают их прочностные характеристики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Геология** месторождений угля и горючих сланцев СССР (Кузнецкий, Горловский и другие угольные месторождения Западной Сибири) [Текст] / Т. 7. – М.: Недра, 1969. – 315 с.

2. **Ольховатенко, В. Е.** Инженерно-геологические условия разработки открытым способом угольных месторождений Ерунаковского района Кузбасса и оценка состояния окружающей среды [Текст] / В. Е. Ольховатенко, Г. И. Трофимова. – Томск: ТГАСУ, 2011. – 204 с.

3. **Ольховатенко, В. Е.** Инженерно-геологические условия строительства крупных карьеров в Кузнецком угольном бассейне [Текст] / В. Е. Ольховатенко. – Томск: Изд-во ун-та, 1976. – 212 с.

© В. Е. Ольховатенко, Г. И. Трофимова, 2013