

**УДК 622.271**

**В.А. Шаламанов, профессор**

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ИХ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОРОГ**

Удельный вес открытого способа добычи угля во времени постоянно растет, в связи с более низкой рентабельностью и более высокой опасностью подземного способа добычи. В Кузбассе доля угля, добываемого открытым способом, составляет 60%, а себестоимость добычи его на 50% ниже, чем при подземном способе.

Обзор литературных источников [1-8] и опыт работы угольных разрезов Кузбасса показали, что строительство асфальтобетонных и бетонных дорожных покрытий автомобильных дорог экономически не оправдано, когда речь идет о дорогах находящихся в динамически развивающемся карьерном пространстве, где временные дороги составляют до 80 % от всей их протяженности. Опыт эксплуатации большегрузных автомобилей показал, что наиболее приемлемыми для строительства дорожной одежды как постоянных, так и временных технологических дорог, являются раздробленные горные породы. Установлено, что улучшение качества технологических дорог, построенных с использованием местных раздробленных вскрышных горных пород, позволит снизить от 15 до 25 % затраты на горюче-смазочные материалы, от 20 до 30 % - на устройство и поддержание технологических дорог, от 5 до 10 % - на шины и до 10 % - на техническое обслуживание и ремонт автосамосвалов, что обуславливает резерв снижения общих эксплуатационных транспортных затрат от 10 до 15 % [9].

В Кузбасском государственном техническом университете много лет ведется изучение состава, строения и свойств горных пород полей разрезов, расположенных во всех геолого-экономических районах [10-11] .

Четвертичные отложения представлены в основном почвенно-растительным слоем мощностью до 0.4-0.6 м, суглинками и глинами различного состава и цвета общей мощностью от 7 до 65 м. Естественная влажность четвертичных отложений колеблется от 12 до 31%, общая пористость - от 18 до 68%, объемная масса – от 1400 до 2150 кг/м<sup>3</sup>, плотность от 2200 до 2700 кг/м<sup>3</sup>.

Коренные породы почти повсеместно представлены песчаниками, алевролитами, аргиллитами и переслаиваниями песчаников и алевролитов. В небольших объемах залегают углистые алевролиты и аргиллиты и другие разновидности пород. Около 50% углевмещающих пород составляют песчаники, 40% - алевролиты, 8% - переслаивания песчаников и алевролитов, 2% - аргиллиты и другие разновидности пород.

Песчаники преимущественно средне- и мелкозернистые, алевролиты – средне- и мелкозернистые. Наиболее широко представлены крупнозернистые породы в Томусинском, Кондомском, Прокопьевско-Киселевском и Кемеровском районах, т.е. в отложениях Балахонской серии.

Петрографические исследования показали, что песчаники на 50-90% сложены обломочным материалом, состав обломков весьма различен: кварц, полевой шпат, карбонаты, мусковит, кварциты, турмалин, плангиклазы и др.. Содержание кварца колеблется от 16 до 40%, полевых шпатов от 10 до 25%, карбонатов от 3 до 14%. Цемент поровый, пленочно-поровый, базальный, редко-контактный, по вещественному составу – кремнисто-известковый, известково-глинистый, слюдисто-глинистый. На кремнистом цементе сложена в основном небольшая часть очень прочных песчаников в Томусинском и Прокопьевско-Киселевском районах [11] . Структура более 80% изученных песчаников псаммитовая и алевролитовая.

Алевролиты обычно темно-серые и серые, структура – алевролитовая и пелитовая, содержание обломочного материала в них составляет от 40 до 70%. В составе обломочного материала преобладают кварц (10-20%, реже до 25%), полевой шпат (8-18%), карбонаты (3-10%), встречаются плагиоклаз, мусковит, биотит, хлорит, турмалин и др., пелитовый материал является цементом.

Аргиллиты темного и темно-серого цвета, неслоистые. Основная цементирующая масса кремнисто-глинистого и глинисто-слюдистого состава.

Характерной особенностью песчаников и алевролитов бассейна является довольно большое содержание в них (от 4 до 20%) углистого материала в виде тонких прослоек, пленочных налетов и точечных скоплений.

Основные структурные элементы горных пород – трещины и косая одно- и разнонаправленная слоистость, кливаж и борозды скольжения. В песчаниках Томусинского района, залегающих вблизи земной поверхности встречаются включения галечника и гравия. Породы преимущественно тонкослоистые, преобладающее расстояние между слоями 10 – 50 мм. Породы верхних толщ и слоев, в особенности до глубины 30 – 40 м от земной поверхности разбиты множеством трещин. По мере углубления трещиноватость пород довольно заметно уменьшается. Наиболее трещиноваты аргиллиты и алевролиты.

По интенсивности трещиноватости  $U$ , т.е. по числу трещин в породе, проходящих на 1 м, породы бассейна могут быть разделены на 4 группы: слаботрещиноватые,  $U < 1$ ; среднетрещиноватые,  $U = 1 - 3$ ; сильнотрещиноватые,  $U = 3 - 10$ ; весьма сильно трещиноватые,  $U > 10$ . Преобладающими являются трещины в плоскостях напластования и кососекущие, расположенные под различными углами к плоскости напластования. Слаботрещиноватые песчаники наиболее широко представлены в Томусинском и Прокопьевско-Киселевском районах.

Лабораторные исследования физических свойств углевмещающих пород полей разрезв показали следующее.

Влажность горных пород колеблется от 0.8 до 16%, преобладающее содержание влаги в песчаниках 2.5 - 3%, в алевролитах - 3 - 5%, аргиллитах – 3-5.2%. Влажность пород резко уменьшается по мере увеличения глубины их залегания. На глубине более 45-50 м от земной поверхности влажность пород находится в основном в пределах 2-3%.

Плотность песчаников изменяется от 2400 до 2900 кг/м<sup>3</sup>, алевролитов от 2400 до 2950 кг/м<sup>3</sup>, аргиллитов от 2390 до 2800 кг /м<sup>3</sup>, углистых алевролитов и аргиллитов от 1800 до 2450 кг/м<sup>3</sup>. Объемная масса песчаников - 2300-2850 кг/м<sup>3</sup>, алевролитов 2300 – 2820 кг/м<sup>3</sup>, аргиллитов 2300 – 2750 кг/м<sup>3</sup>, углистых алевролитов и аргиллитов 1350 – 2300 кг/м<sup>3</sup>. Встречаются песчаники и алевролиты с включениями железняка, пирита и других тяжелых минералов магма-

тического происхождения. Плотность таких пород 2950 – 3600 кг/м<sup>3</sup>. По данным лабораторных испытаний в изученных толщах глубиной до 200м удельное участие пород с содержанием тяжелых минералов не превышает 2.5 – 3%. Песчаники и в особенности алевролиты с включениями железняка, пирита и халькопирита встречаются главным образом в Байдаевском, Терсинском, Томусинском, Анжерском и Прокопьевско-Киселевском районах. В результате обработки экспериментальных данных на ЭВМ нами установлены зависимости между плотностью и объемной массой пород для основных угленосных районов Кузбасса, результаты исследований представлены в работе [10]. Нами установлено, что между плотностью и объемной массой связь довольно сильная, полученные зависимости могут быть успешно использованы в производственных условиях для расчета плотности и общей пористости пород по значениям объемной массы, определение которой возможно и не представляет трудности непосредственно на разрезах.

Общая пористость коренных пород, залегающих на глубине до 250 м колеблется в пределах от 1.2 до 30%, преобладающая 4 – 9%. Пористость пород, в особенности крупно- и среднезернистых песчаников в большей мере зависит от глубины их залегания. Наиболее интенсивное уплотнение пород отмечается до глубины 50 м.

Для решения вопроса о возможности использования углевмещающих горных пород в качестве материала для строительства технологических дорог особенно важное значение имеют их прочностные и деформационные свойства.

Прочность горных пород полей разрезов бассейна изменяется в очень широких пределах. Предел прочности песчаников при сжатии составляет от 7 до 150 МПа, при растяжении – 0.6 до 14 Мпа, алевролитов соответственно – 6 – 120 и 0.5 – 11 Мпа; аргиллитов – 5 – 60 и 0.3 – 5.5 Мпа, переслаиваний песчаников и алевролитов – 6 – 130 и 0.5 – 12 Мпа.

Наиболее прочными являются породы Томусинского и Прокопьевско-Киселевского районов, наименее прочными Осинниковского, Байдаевского и Ленинск-Кузнецкого районов. В этих районах особенно существенно отличаются прочности песчаников и крупнозернистых алевролитов. Предел прочности породы на сдвиг (чистый срез) в 1.3 – 4 раза больше чем на растяжение, угол внутреннего трения пород изменяется от 26 до 45 градусов.

Большие колебания прочности пород полей разрезов обусловлены вещественным составом, структурой, текстурой и глубиной их залегания. На прочность однотипных пород (песчаников, алевролитов, аргиллитов) особенно большое влияние оказывают трещиноватость, слоистость, кливаж, включения остатков растительности и другие макродефекты строения. Специальные испытания показали, что за счет трещиноватости прочность пород при сжатии снижается в 8 -12 раз, на растяжение – в 10 – 20 раз, за счет слоистости соответственно в 1.2 – 3 и в 2 – 5 раз, других макродефектов строения – в 1.1 – 2.0 и 1.3 – 2.4 раза. Нами установлено что , коэффициент структурно-текстурного ослабления пород, характеризующий снижение их прочности при сжатии за счет наличия трещин, слоев и других макродефектов изменяется от 0.09 до 0.9, при растяжении – от 0.05 до 0.8.

Большая макродефектность строения пород является одной из основных причин низкой устойчивости бортов разрезов и неравномерного дробления и разрушения пород взрывом. Значительный выход негабаритов при буровзрывном способе разрушения вскрышных пород с макродефектами строения, в особенности прочных и очень прочных песчаников, обусловлен в большей мере тем, что расчленение пород происходит главным образом по наиболее ослабленным поверхностям и контактам напластования. Предел прочности пород при растяжении в 5 – 35 раз меньше, чем при сжатии. В массивных, практически однородных породах предел прочности при растяжении обычно в 8 -12 раз меньше, чем при сжатии .

Увеличение трещиноватости, слоистости, другой макродефектности строения пород сопровождается довольно значительным ростом соотношения их пределов прочности при сжатии и растяжении (до 30 -35). Для этих пород нет тесной связи между прочностью при сжатии и растяжении. Довольно интенсивное упрочнение пород происходит до глубины 60 м. в интервале глубин 60 – 200 метров наблюдается довольно замедленное уплотнение и упрочнение пород.

Скорость распространения продольных ультразвуковых волн в породах изменяется от 1100 до 4800 м/с, поперечных 1400 до 2550 м/с, при чем преобладающая скорость продольных волн – 2900 – 3800 м/с, поперечных – 1800 - 2100 м/с. Скорость распространения упругих волн довольно интенсивно возрастает с увеличением плотности и прочности пород. Большое влияние на скорость распространения продольных волн оказывают трещины, другие поверхности ослабления. Скорость волн вдоль слоев и трещин в 1.1 – 1.6 раза больше,

чем поперек их, т.е. коэффициент анизотропии скорости продольных волн, обусловленный этими элементами строения, равняется 1.1 -1.6.

В целом коренные породы полей разрезов характеризуются довольно высокими упругими свойствами. Они разрушаются в основном хрупко при сравнительно небольших деформациях, что указывает на способность пород, а в особенности средне- и мелкозернистых повышенной прочности, накапливать при нагружении довольно значительную потенциальную энергию.

При таянии снегов, выпадении дождей зачастую происходит существенное повышение влажности пород разрезов. Поэтому важное значение имеют данные о влиянии влаги на состояние и свойства пород. Нами установлено [11], что водопоглощение песчаников изменяется от 1.3 до 7.5%, алевролитов – от 2.1 до 12%, переслаиваний песчаников и алевролитов – от 1.7 до 10%. Слабые породы, в особенности тонкослоистые и сильно трещиноватые обычно полностью размокают в течение 3 -10 часов пребывания в воде. Разрушение пород начинается и происходит прежде всего по контактными ослаблениям (по трещинам, слоям, налетам глинистых и углистых веществ и др.). прочные и очень прочные песчаники и алевролиты массивной текстуры (в основном с пределом прочности при сжатии более 70 -80 Мпа) не проявляют внешних признаков размокания при пребывании их в воде в течение 20 – 25 суток. Однако при этом прочность песчаников в зависимости от вещественного состава и типа цемента снижается на 20 -40%, алевролитов – на 30 -60%. Аргиллиты в процессе насыщения водой полностью разрушаются.

Подавляющее большинство пород набухает, однако величина набухания песчаников обычно не превышает 0.2 - 0.3%, алевролитов и переслаиваний песчаников и алевролитов 0.5 – 0.6%. набухание слабых, тонкослоистых и сильно трещиноватых алевролитов и их разновидностей достигает 1.5 – 3.0%.

Как видно обводнение и водонасыщение пород сопровождается довольно значительным снижением прочности и ростом деформации. Эти обстоятельства подлежат особому учету при оценке устойчивости бортов разрезов, использовании пород в качестве дорожно-строительных, фильтрационных и других материалов.

Выполненные исследования показывают, что углевмещающие горные породы полей разрезов в Кузнецком угольном бассейне характеризуются большим разнообразием как по составу и строению, так и по их физическим свойствам. Особенно велика изменчивость механических и водно-физических

свойств пород. В связи с этим одним из важнейших исходных условий их использования в качестве материала для строительства технологических дорог является детальное изучение и надежное обоснование физических свойств в пределах поля каждого разреза и отдельных его участков.

Применение раздробленных углевмещающих горных пород для строительства технологических дорог на разрезах Кузбасса ведет не только к снижению себестоимости добычи угля в среднем на 7 % [12], но и значительно улучшает экологическую ситуацию в регионе.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Типовые инструкции, изделия и узлы зданий и сооружений. Серия 3.503.9-79. Дорожные одежды автомобильных дорог промышленных предприятий. Выпуск 0. Материалы для проектирования [Текст]. – М.: Промтранснии-проект, 1986. – 123 с.
2. Красноштанов, Р.Ф. Технологический транспорт на карьерах [Текст] / Р.Ф. Красноштанов, И.В. Зырянов // Горный журнал. – 1994. - №9. – С. 30-33.
3. Еремеев, В.И. Скорость движения автосамосвалов по карьерным дорогам [Текст] / В.И. Еремеев, В.В. Забелин, В.В. Шурыгин // Горный журнал. – 1995. - №4. – С. 51-52.
4. Анализ состояния технологических автодорог и условий их строительства на разрезах Кузбасса: отчет о НИР (промежуточный) [Текст] / Кузнецкий филиал НИИОГР. – Кемерово, 1987. – 163 с.
5. СНиП 3.06.03-85. Автомобильные дороги [Текст]. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 112 с.
6. ГОСТ 25607-94\*. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 13 с.
7. Смирнов, В.П. Строительство и эксплуатация технологических автодорог на Михайловском ГОКе [Текст] / В.П. Смирнов, В.С. Торков // Горный журнал. – 1989. - №9. – С. 23-25.
8. Васильев, М.В. Строительство карьерных автомобильных дорог [Текст] / М.В. Васильев, В.П. Смирнов, В.С. Торков. – М.: Черметинформация, серия I, вып. 3, 1975. – 45 с.

9. Рыбак, А.В. Исследование возможности повышения эксплуатационных характеристик карьерного автотранспорта за счет управления расходом горюче-смазочных материалов [Текст] / А.В. Рыбак // ГИАБ. – 2003. - №11. – С. 131-132.

10. Шаламанов, В.А. Экспериментально-теоретические основы совершенствования методов прогнозирования прочностных свойств горных пород Кузбасса [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук / КузГТУ. – Кемерово, 1996. – 306 с.

11. Штумпф, Г.Г. Физико-технические свойства горных пород и углей Кузнецкого бассейна [Текст]: Справочник. / Г.Г. Штумпф [и др.]. – М.: Недра, 1994. – 447 с.

12. Карьерные автомобильные дороги: совершенствование методов проектирования земляного полотна и дорожных одежд / О.П. Афиногенов, В.А. Шаламанов, С.Н. Шабаев, А.О. Афиногенов.- Кемерово: «Офсет», 2015.-222 с.