

20. Mumme W. G., Tsambourakis G., Madsen I. C., Hill R. J. Improved petrological modal analyses from X-ray powder diffraction data by use of the Rietveld method. Part II. Selected sedimentary rocks. J. Sed. Res. 1996. V. 66. No. 1.
21. Ondrick C. W., Suhr N. H. Error of the spectrographic analyses of graywacke samples // Chem. Geol. 1969. V. 4.

Институт литосферы окраинных и внутренних морей РАН
Институт геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского РАН

УДК 552.543:551.763-781.3(477)

А. Ф. ГЕОРГИЕВСКИЙ, В. Е. МАРКОВ, В. В. ДЬЯКОНОВ, О. В. НОСАЕВА

ОСОБЕННОСТИ ПЕТРОГРАФИЧЕСКОГО СОСТАВА И ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗВЕСТНЯКОВ КРЫМА

Рассмотрены соотношения механических и петрографических особенностей строительных известняков. Показано влияние основных породообразующих процессов на свойства этих пород.

На территории Крыма важнейшей отраслью промышленности является строительная; ее сырьевой базой служат преимущественно палеогеновые и неогеновые известняки. Среди них следует выделить нуммулитовые разности симферопольской свиты лютецкого яруса палеогена с прекрасными свойствами стенного пильного камня. Залегая под углами 5—10° на северо-восток, они протягиваются от Инкермана до Зуи по гребню Предгорной гряды и образуют хорошо выраженную в рельефе кузесту с отвесными обрывами. Нуммулитовые известняки — плотные, массивные белые, однородные, в основном состоят из раковин фораминифер (нуммулитов) и раковинного детрита.

Многие годы известняки обрабатывают в карьерах Бахчисарайского района, по правому берегу р. Бодрак, возле сел. Скалистое. Площадь развития известняков попадает в контуры геологических учебных полигонов МГУ и МГГА—МГРИ, где будущие специалисты-геологи приобретают навыки практической работы. С точки зрения учебного процесса хорошо обогащенные в карьерах нуммулитовые известняки представляют собой наглядное природное методическое пособие, на примере которых удобно знакомить студентов с основами петрографических исследований и ролью последних при решении различных практических задач.

Чтобы выяснить характер изменения строительных свойств известняков, изучены их физико-механические параметры. Продуктивная толща мощностью 40 м опробована по простиранию и вертикальному разрезу. В соответствии с требованиями к строительному сырью в отобранных пробах определены предел прочности при сжатии, объемная масса, водопоглощение, теплопроводность, пористость и плотность (таблица). Анализ таблицы показывает, что в разрезе внешне однородных строительных известняков отчетливо выделяются три слоя, различные по физико-механическим

свойствам: верхний и нижний слои отличаются низкой прочностью (166—189 кг/см²), высокой пористостью (19,4—22,7 %) и поглощательной способностью (0,9—22,1 %), низкими значениями объемной массы (2,13—2,14 г/см³) и плотности (77,4—80,6 г/см³). Средний (второй) слой, напротив, обладает значительно более высокими физико-механическими показателями: прочность 654 кг/см²; водопоглощение 6,6 %; объемная масса 2,64 г/см³; плотность 95,4 г/см³; пористость 4,7 %.

Чтобы выяснить причины различия физико-механических свойств, проведено минералого-петрографическое изучение известняков методами оптической и электронной микроскопии, рентгенофазового анализа. Кроме того, нерастворимые остатки пород исследованы лабораторными методами. Ниже приведена краткая петрографическая характеристика известняков.

Слой 1. Известняк массивный, с землистым изломом, непрочный распадается при слабом ударе молотка. Сложен тонко-микрозернистым кальцитом (~70 %) с примесью разрозненных раковин различных фораминифер, их обломков и перетертого раковинного детрита (рис. 1). Постоянно отмечаются мелкие (до 0,1 мм) рассеянные ромбические кристаллики доломита, единичные зерна кварца алевритовой размерности, а также мельчайшие выделения глауконита. В незначительном количестве присутствует глинистое вещество, образующее тонкие буроватые пленки среди пелитоморфного кальцита. Характерна равномерная микропористость (~19%).

Остатки фораминифер размером до 1 мм в основном относятся к нуммулитам, дискоциклинам, изредка к милиолидам. Их доля составляет 70—80 % от общего количества форменных элементов породы.

Доломит развивается по пелитоморфному кальциту, иногда затрагивает органические остатки. В центральных частях доломитовых кристалликов наблюдаются поры выщелачивания (рис. 1). Другой тип пористости типичен для остатков фораминифер и представляет собой пустые камеры, не заполненные микрозернистым кальцитом. Крайне редко в камерах фораминифер; помимо кальцита, отмечаются выделения ярко-зеленого глауконита.

Нерастворимый остаток (5,3 %) состоит из кварца, полевых шпатов и смешанослойного глинистого минерала иллит-монтмориллонитового типа.

Слой 2. Известняк преимущественно цельнораковинный (существенно нуммулитовый), с редкими мелкими включениями доломита и глауконита, плотный массивный, с неровным полураковинистым изломом, крепкий с трудом распадается при сильном ударе молотка. В шлифах видно, что порода сложена целыми раковинами фораминифер (45—50 %), в подчиненном количестве их обломками (20 %). Раковины большей частью плотно прижаты одна к другой с образованием конформных, микростилолитовых и инкорпорационных структур (рис. 2). Примесь — тонко-микрозернистый кальцит (~30% объема породы) — распределена неравномерно. Последний в местах скопления цементирует раковины и заполняет камеры фораминифер. Видовой состав фораминифер такой же, как в описанном слое. Размер их 2—3 мм. Местами по цементу развиваются единичные кристаллики доломита, центральная часть которых выщелочена. Другая пористость для породы нехарактерна.

Нерастворимый остаток (2,5 %) представлен теми же минералами, как и в первом слое.

Физико-механические свойства известняков месторождения Скалистое

Номер образца	Водопоглощение, %		Объемная масса, г/см ³	Коэффициент теплопроводности	Прочность образца, кг/см ²		Относительная плотность, %	Пористость, %	Нерастворимый остаток, %
	объем	вес			сухого	водонасыщенного			
1	13,0	26,1	2,01	0,81	128	68	76,9	23,1	—
2	7,9	17,4	2,20	0,90	252	139	83,5	16,5	—
3	10,5	22,8	2,17	0,89	186	72	81,5	18,5	—
Среднее	10,5	22,1	2,13	0,87	189	93	80,6	19,4	5,3
4	1,7	4,7	2,75	1,16	797	454	99,6	0,4	—
5	3,4	8,5	2,54	1,06	512	399	91,1	8,9	—
Среднее	2,5	6,6	2,64	1,11	655	426	95,4	4,7	2,6
6	8,6	18,6	2,17	0,89	137	116	78,6	21,4	—
7	7,9	17,8	2,26	0,93	210	124	22,4	17,6	—
8	13,3	26,3	1,98	0,80	151	101	71,1	28,9	—
Среднее	9,9	20,9	2,14	0,87	166	114	77,4	22,7	10,7

Примечание. Слой 1 (1—3), слой 2 (4—5), слой 3 (6—8).

Слой 3. Известняк по структурно-текстурным признакам и особенностям минерального состава близок к пелитоморфному известняку слоя 1. Главные отличия связаны с повышенным (до 11 %) содержанием нерастворимого остатка, преимущественно в виде глинистого вещества, и более высокой пористостью (~23 %). Поры приурочены к выделениям доломита. Большая часть зерен доломита выщелочена и об их былом

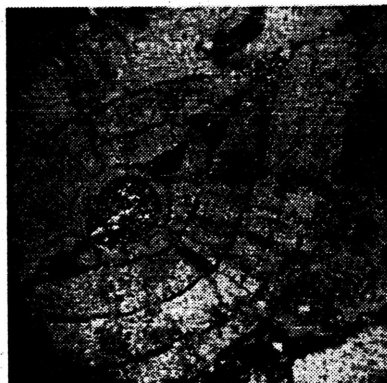


Рис. 1. (Слева) Известняк пелитоморфный с остатками фораминифер и частично выщелоченными ромбическими зернами доломита: слой 1. Ув. 34; с анализатором

Рис. 2. (Справа) Известняк биоморфный цельнораковинный существенно нуммулитовый с микростилолитовыми и комфорными структурами: слой 2. Ув. 34; без анализатора

присутствии можно догадываться только по характерным ромбическим контурам пор (рис. 3). Складывается впечатление, что выщелачивание проявлено в тех участках, где порода обогащена глинистой примесью. Последняя пигментирует микрозернистый кальцит, что придает ему бурый оттенок.

Таким образом, по петрографическим признакам известняки выделенных слоев значительно отличаются по ряду гранулярных и структурных особенностей, а также по содержанию нерастворимого остатка. Рассмотрим эти отличия.

Известняки первого и третьего слоев преимущественно пелитоморфные, обогащены кварцево-глинистым материалом (5—11 %). Типично присутствие доломита в виде ромбических кристалликов размером до 0,1 мм.

Известняки среднего слоя — яснозернистые, в гранулярном составе преобладает материал повышенной крупности (рис. 2). Содержание нерастворимого остатка незначительное (2 %), доломитизация слабо проявлена. Отличительная черта известняков второго слоя — развитие катагенетических структур вдавливания: конформных, инкорпорационных и микростилолитовых (рис. 2).

Данные микроскопии хорошо согласуются с результатами изучения образцов в растровом электронном микроскопе. На электронно-микроскопических снимках видно резкое различие в строении известняков первого и третьего слоев, с одной стороны, и второго слоя — с другой. В первом и третьем слоях известняки состоят из мельчайших частиц кальцита, окруженных пленками глинистого вещества, поэтому частицы слабо связаны между собой, что обуславливает рыхлое микропористое сложение породы (рис. 4).

Известняки второго слоя имеют монолитное строение; состоят из крупных зерен кальцита, которые плотно прижаты и тесно срастаются одно с другим (рис. 5). Очевидно, такие участки придают особую прочность породе и составляют как бы ее скелетную основу. Не вызывает сомнения, что разный характер гранулярных и структурных свойств пород — одна из причин различной прочности известняков.

Другая причина изменчивости механических свойств пород кроется в неравномерном развитии пористости, типичной в основном для известняков первого и третьего слоев. Выделяются два типа пористости: первичная и вторичная. Первичная обусловлена рыхлым сложением известняков, слабой связанностью составляющих их частиц. Кроме того, часть микропор приурочена к остаткам фораминифер, у которых многие камеры не заполнены кальцитом.

Пустоты вторичной пористости генетически тесно связаны с выделениями доломита и возникли за счет выщелачивания последнего. Наблюдаются все переходы от целых зерен доломита до полностью выщелоченных (рис. 1, 3). В свою очередь развитие доломита приурочено к участкам известняков, сложенных пелитоморфным кальцитом и обогащенных глинистым веществом. Поэтому доломитизация и, следовательно, вторичная пористость слабо проявлены в известняках среднего слоя; напротив, эти два взаимосвязанных процесса отчетливо выражены в породах нижнего и верхнего слоев. Таким образом, развитие первичной и вторичной пористости, которая тесно связана с минеральным составом

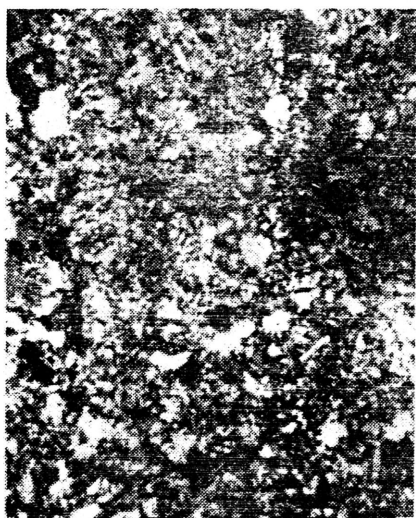


Рис. 3. (Слева) Известняк пелитоморфный с тонким детритом раковин фораминифер и частыми порами выщелачивания: слой 3. Ув. 43; с анализатором

Рис. 4. (Справа) Поверхность скола пелитоморфного известняка в растровом микроскопе: слой 3. Ув. 4000

и текстурно-структурными особенностями известняков, является второй причиной резкого различия физико-механических свойств пород в выделенных слоях. Какие особенности генезиса известняков определили физико-механические свойства? Анализ собранного материала позволяет наметить три типа процессов, повлиявших на свойства известняков.

Седиментационные процессы контролировали фациальные особенности карбонатонакопления во время образования пород. Известняки нижнего и верхнего слоев формировались в гидродинамически активных зонах теплого морского бассейна на площадях, приближенных к береговой линии. В такой обстановке накапливавшийся раковинный материал подвергался постоянному дроблению и истиранию. Это происходило на фоне химической садки кальцита и поступления с суши тонкообломочного и глинистого пелитоморфного материала.

Известняки среднего слоя, по-видимому, возникли в участках бассейна, удаленных от береговой линии, в гидродинамически спокойной обстановке. Здесь интенсивно развивались бентосные формы фораминифер (нуммулиты и др.), после отмирания которых накапливались цельнораковинные фораминиферные осадки.

Итак, фациальные условия осадконакопления определили различия в гранулярном и минеральном составах известняков.

Постседиментационные (диагенетические и катагенетические) процессы. Особенности гранулярного и минерального составов карбонатов определили специфику дальнейшего изменения — развитие доломитизации и уплотнение осадочного материала. Доломитизация развивалась преимущественно по пелитоморфным и тонкозернистым разновидностям, обогащенным глинистым материалом, т.е. в основном в первом и



Рис. 5. Поверхность скола биоморфного известняка в растровом микроскопе: слой 2. Ув. 3000

тожившие первичную пористость осадков. Следовательно, разная степень уплотнения отложений, обусловленная различием гранулярного и минерального состава карбонатов, привела к формированию известняков с различными физико-механическими свойствами.

Гипергенные процессы, завершившие формирование известняков, проявлялись в частичном или полном выщелачивании диагенетического доломита и сформировали вторичную пористость в породах. Поскольку доломитизация развивалась в первом и третьем слоях, именно в них формирование вторичной пористости проявилось наиболее ярко.

Таким образом, различия физико-механических свойств известняков обусловлены комплексом порообразующих процессов.

третьем слоях известняков. Уплотнение осадков различного гранулярного состава при диагенезе и особенно катагенезе проявлялось по-разному. В тонкозернистых и пелитоморфных разностях глинистое вещество препятствовало соприкосновению карбонатных частиц, затрудняло их уплотнение и перекристаллизацию, в связи с чем первичная пористость осадков оставалась слабо нарушенной.

Крупнозернистый биоморфный материал, характерный для известняков второго слоя, легче подвергался уплотнению. В результате раковины фораминифер тесно соприкасались одна с другой и формировались различные структуры катагенетического вдавливания, уничтожившие первичную пористость осадков.

РУДН