

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Н.М. Недоливко, А.В. Ежова

ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРРИГЕННЫХ И КАРБОНАТНЫХ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ

ЧАСТЬ 2-1

**ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ И ВТОРО-
СТЕПЕННЫХ МИНЕРАЛОВ**

Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по высшему образованию в области прикладной геологии в качестве учебного пособия по вариативной дисциплине «Исследование кренового материала нефтегазовых скважин» для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специализации 130101.3 Геология нефти и газа» специальности 130101 «Прикладная геология»

Издательство
Томского политехнического университета
2012

УДК 550.8.023: 550.822.2

ББК 26:31я73

Н42

Е-35

Недоливко Н.М., Ежова А.В.

Н42

Е-35

Петрографические исследования терригенных и карбонатных пород-коллекторов: учебное пособие / Н.М. Недоливко, А.В. Ежова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 172 с.

В учебном пособии приведены данные об устройстве поляризационного микроскопа и способах изготовления шлифов; охарактеризованы диагностические признаки, оптические свойства и особенности минералов обломочной части, цемента и аутигенных включений; дана классификация терригенных и карбонатных пород; рассмотрены вопросы морфологии пустотного пространства и факторов, способствующих формированию коллекторских свойств пород; приведены примеры петрографических исследований пород-коллекторов в шлифах с указанием признаков нефтенасыщения.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности 130304 «Геологии нефти и газа» направления «Прикладная геология», а также для студентов, аспирантов и других специалистов, занимающихся научными исследованиями в области нефтяной геологии

УДК 550.8.023:550.822.2

ББК 26:31я73

Рецензенты

Доктор геолого-минералогических наук,
профессор, зав. кафедрой петрографии
Томского государственного университета
А.И. Чернышов

Доктор геолого-минералогических наук,
профессор, зав лабораторией геохимии и пластовых нефтей
ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК»
И.В. Гончаров

© ГОУ ВПО НИ ТПУ, 2011

© Недоливко Н.М, Ежова А.В., 2011

© Обложка. Издательство Томского
политехнического университета, 2011

4. ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПЕСЧАНЫХ И КАРБОНАТНЫХ ПОРОД

Оптические свойства породообразующих минералов обломочных и карбонатных пород и их диагностические признаки описываются по [5, 9, 12, 14, 15, 18, 20, 21, 23, 24, 26, 30, 33, 38, 50, 51, 58, 61].

4.1. Диагностические признаки и оптические свойства минералов группы кварца

Из минералов группы кварца в осадочных породах встречаются кварц, халцедон, опал. Они сложены кремнеземом и имеют формулу SiO_2 . В обломочных породах кварц часто преобладает над другими минералами группы, содержание его широко варьирует вплоть до образования мономинеральных кварцевых песчаников, в которых обломки и цемент сложены практически одним кварцем.

В осадочном процессе минералы могут быть аллотигенными – привнесенными в бассейн седиментации (обломки в породах) и аутигенными – образованными на месте: первичными (органогенные остатки и основная матрица в кремнистых породах: яшмах, диатомитах, радиоляритах, опоках и т.д.) и вторичными (псевдоморфозы по древесине и т.д., цементы в обломочных и новообразования в карбонатных породах, прожилки).

Часто минералы присутствуют в виде цементов:

- первичных – синтезируются в диагенезе из растворов, циркулирующих в осадке – кварц, опал, халцедон;
- вторичных – образуются на обломочных зернах в катагенезе при уплотнении, частичном растворении зерен на контактах и переотложении кремнистого материала в виде регенерационных каемок – кварц.

Они образуют кристаллические крустификаты – кварц, халцедон, корочки – халцедон, опал и каемки – кварц. Каемки развиваются на контактах зерен или на участках, выступающих в свободное поровое пространство.

В хорошо развитом поровом пространстве иногда обломки восстанавливают кристаллографическую форму. Оптическая ориентировка обломка и регенерационной каймы одинаковая, контуры материнского зерна не заметны или устанавливаются по присыпкам глинистого и железистого материала. В карбонатных породах кварц присутствует в виде хорошо и плохо образованных кристаллов, неправильных зерен, их агрегативных скоплений, заполняет пустоты и трещины.

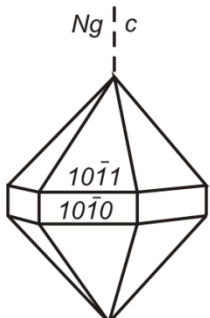
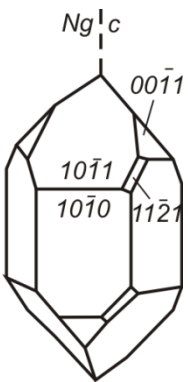
Халцедон встречается в опаловых песчаниках, агатах, органогенных кремнистых породах совместно с опалом (яшмы, диатомиты, радиоляриты и др.).





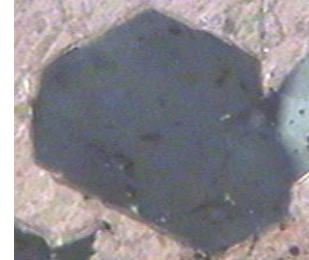


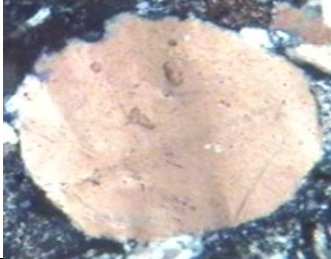

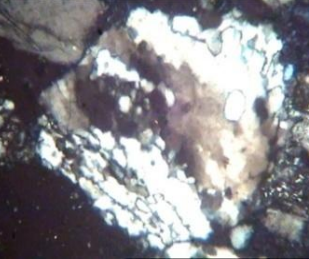
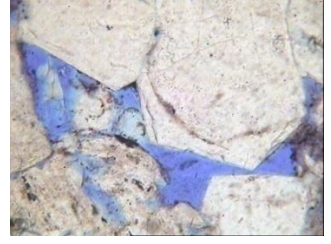

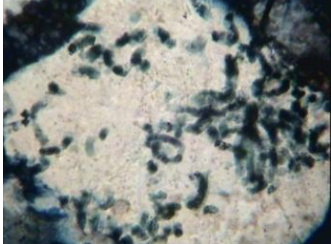

К общим диагностическим признакам минералов группы в шлифах относятся (табл. 3–5, рис. 24, 25):

- неправильная форма зерен;
- прозрачность и бесцветность; отсутствие продуктов разложения;
- низкий положительный рельеф (близок к канадскому бальзаму);
- отсутствие спайности и часто изогнутые трещины;
- отсутствие двойников;
- низкая интерференционная окраска (серая ярких тонов и белая; в толстых шлифах – желтая);
- специфическое погасание: волнистое, облачное, мозаичное, сферолитовое.

Таблица 3

Оптические свойства минералов группы кварца. Кварц

Название и формула минерала	Сингония	Свойства при одном никеле			Свойства при двух николях					Продукты разложения. Включения	Диагностические признаки	
		Формы ограничения, границы, рельеф, шагреня	Прозрачность, окраска, плеохроизм, схема абсорбции	Спайность	Двойники	Показатели преломления		Ng-Np Цвета интерференции	Угол с:Ng, знак зоны, погасание			Осность, оптический знак, угол 2V
						Ng	Np					
Кварц SiO ₂	α-гексагональная β-тригональная	Неправильные зерна, шестигранные призмы и дипирамиды, часто с газожидкими включениями. Границы слабо заметные, рельеф слабый положительный, шагреня нет	Водянопрозрачен, не окрашен	Нет, излом неровный раковистый	Почти никогда не наблюдаются	Ne (Ng) 1,553	No (Nm) 1,544	0,008–0,009 Низкие белые и серые, в толстых шлифах – желтые	с:Ng=0° (прямое), однородное, волнистое, облачное, мозаичное. Удлинение положительное. В целом не характерен	1 осный (+); тригональный 2 осный (+): 2V до 25°	Не имеет, иногда замещается альбитом; псевдморфозы по кальциту и гипсу; включения газа и жидкости, циркона, рутила, турмалина, эпидота, хлорита, амфиболов, слюд	Прозрачность, отсутствие окраски и продуктов разложения, низкие цвета интерференции, характер погасания, осность, оптический знак
			 <p>α-кварц</p>	 <p>β-кварц</p>								

				
Слабо заметный рельеф (1 николя)	Чистые без продуктов разрушения зерна (1 николя)	Отсутствие спайности (1 николя)	Субизометричные сечения (2 николя)	Шестиугольные сечения кристаллов (2 николя)
				
Газово-жидкие включения (2 николя)	Серые и белые цвета интерференции (2 николя)	Волнистое погасание (2 николя)	Облачное погасание (2 николя)	Мозаичное погасание (2 николя)
				
Регенерация с восстановлением формы кристалла (1 и 2 николя)	Включения хлорита (2 николя)	Включения циркона (2 николя)	Включения рутила (2 николя)	

0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Рис. 24. Особенности зерен кварца

Таблица 4

Оптические свойства минералов группы кварца. Халцедон

Название и формула минерала	Сингония	Свойства при одном никеле			Свойства при двух николях					Продукты разложения	Диагностические признаки	
		Формы ограничения, границы, рельеф, шагрень	Прозрачность, окраска, плеохроизм, схема абсорбции	Спайность	Двойники	Показатели преломления		Ng-Np Цвета интерференции	Угол с: Ng, знак зоны погасания			Осность, оптический знак, угол 2V
						Ng	Np					
Халцедон SiO_2	Нет: скрытокристаллический, состоит из микросталлов кварца и примеси (опала)	Волокнистые, радиальнолучистые, сноповидные, сферолиты, зональные агрегаты. Границы незаметные, рельеф почти отсутствует, шагрени нет	Прозрачный, бесцветный, часто мутный, красноватый, буроватый, желтоватый, редко молочно-голубой	Нет	Нет	Ng 1,538	Nm 1,530	0,005–0,008 Серые цвета, часто псевдоизотропен из-за малого размера кристаллов	Угол с: Ng=0°; Ng II c; Ne=Ng. Прямое	1 осный (+) или 2 осный (+): 2V=58–87°	Нет продуктов разложения. В позднем катагенезе переходит в кварц	Низкие цвета интерференции, волокнистое строение, сферокристаллы, знак зоны
									Знак зоны не характерен или отрицательный			

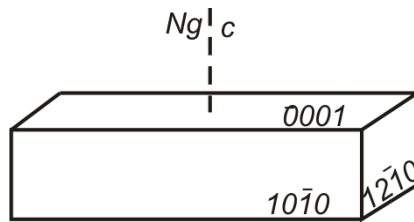
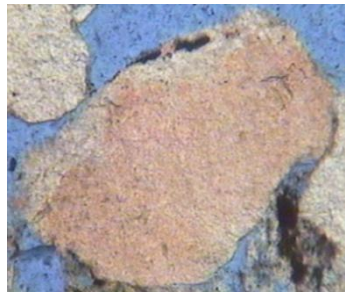


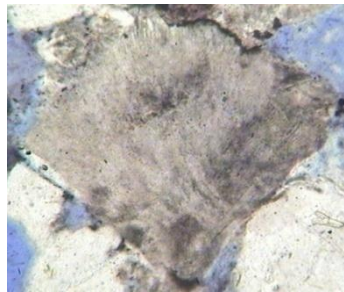
Таблица 5

Оптические свойства минералов группы кварца. Опал

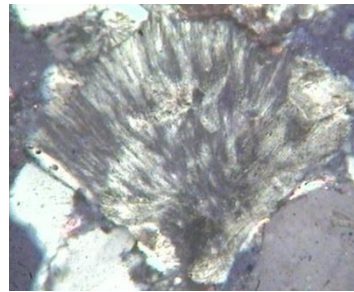
Название и формула минерала	Сингония	Свойства при одном никеле			Свойства при двух николях					Продукты разложения	Диагностические признаки, сходные минералы
		Формы ограничения, границы, рельеф, шагрень	Прозрачность, окраска, плеохроизм, схема абсорбции	Спайность	Двойники	Показатели преломления	Ng-Np Цвета интерференции	Угол с: Ng, знак зоны, погасание	Осность, оптический знак, угол 2V		
Опал $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Аморфный, коллоидная форма кремнезема	Обломки с плавными очертаниями, цементы, псевдоморфозы, в пустотах – корочки; границы и шагрень ясные, ярко выраженный отрицательный рельеф	Прозрачный до полупрозрачного; в чистых разновидностях бесцветный; розоватозолотистый (дисперсионный эффект); из-за примесей – желтоватый, зеленоватый, серый	Нет	Нет	1,406–1,460, намного меньше показателя канадского бальзама	Изотропный, иногда аномально низкие серые цвета	Не характерны	Не характерны	В катагенезе переходит в халцедон и мелкоагрегатный кварц; примеси: глинистое и органическое вещество, гидроксиды железа, марганца и др.	Вулканическое стекло ($n > 1,480$), пепел (рогульки, серпы и др.), флюорит (спайность – в виде треугольника, кристаллы), гранат (положительный рельеф и $n > 1,700–1,800$)



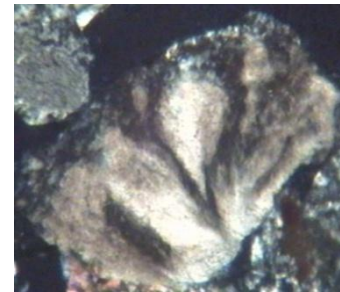
Буроватая окраска
(1 николя)



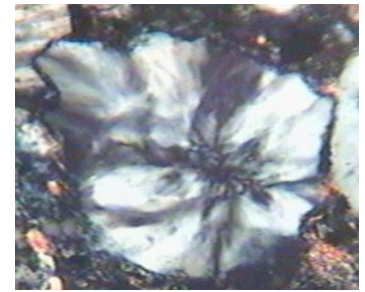
Серая окраска
(1 николя)



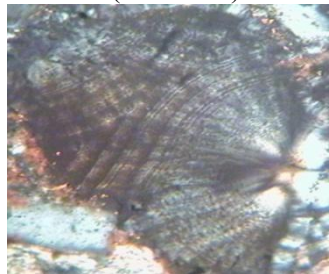
Тонкокристаллическое
строение (2 николя)



Сферолитовое погасание
(2 николя)



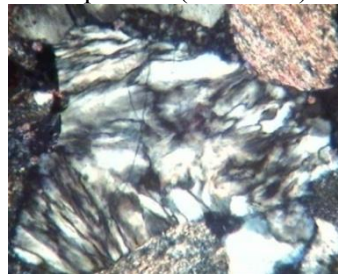
Обломок сферолита
(2 николя)



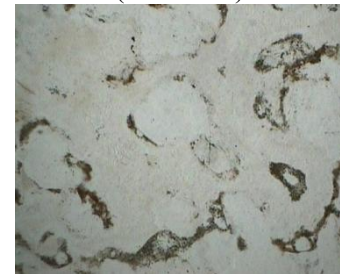
Агрегат сферолитов
(2 николя)



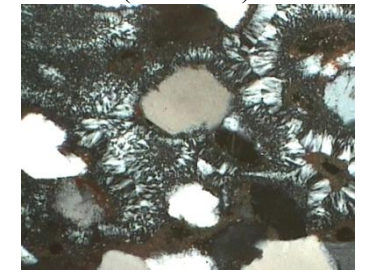
Агрегат сферолитов
(2 николя)



Агрегат шестоватых
кристаллов (2 николя)



Халцедоновый цемент
(1 и 2 николя)



Опал-халцедоновый цемент (1 и 2 николя)



Опал. Дисперсионный
эффект (1 николя)



Опал (изотропный) и
халцедон (2 николя)



Опаловый цемент
(2 николя)

0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Рис. 25. Особенности зерен халцедона и опала

4.2. Диагностические признаки и оптические свойства полевых шпатов

Полевые шпаты образуют непрерывный изоморфный ряд: калиевый $K[AlSi_3O_8]$ (микроклин) – натровый $Na[AlSi_3O_8]$ (альбит) – кальциевый $Ca[Al_2Si_2O_8]$ (анортит).

Минералы калиево-натровой части ряда относятся к калинатровым или щелочным полевым шпатам. Они представлены микроклином, ортоклазом, санидином и анортоклазом. Исходными породами калинатровых полевых шпатов являются магматические и метаморфические породы. Санидин является высокотемпературным минералом и характерен только в геологически молодых вулканических и контактно-метаморфических породах. Ортоклаз и микроклин слагают магматические породы щелочного, среднего и кислого состава (сиениты, граносиениты, диориты, гранодиориты, граниты, гнейсы, пегматиты), микроклин характерен также для метаморфических пород.

Минералы натрово-кальциевой части ряда относятся к плагиоклазам: кислым (№№ 1–30: альбит, олигоклаз), средним (№№ 30–50: андезин), основным (№№ 50–100: лабрадор, битовнит, анортит). Исходным материалом для обломков плагиоклазов песчаников служат породы разного состава и происхождения. Альбит является минералом кислых магматических пород (гранитов, пегматитов), а также спилитов и метаморфических зеленых сланцев; олигоклаз – кислых риолитов, гранодиоритов, эпидот-амфиболитовых метаморфических сланцев; андезин – андезитов, трахитов, базальтов, анортозитов, амфиболитов, кианит-андалузитовых сланцев; лабрадор – оливиновых базальтов, пироксеновых андезитов, габбро, анортозитов, гранулитов; битовнит – оливиновых базальтов и габбро; анортит – оливиновых базальтов, норитов, троктолитов, анортозитов, роговообманковых габбро.

В песчаных породах полевые шпаты являются одним из основных породообразующих компонентов, они слагают обломочные зерна; но некоторые разновидности (альбит и микроклин) могут быть образованы в процессе диагенеза и катагенетического уплотнения пород и являться аутигенными, нарастая в виде каемок на материнских обломках. В карбонатных породах плагиоклазы отмечаются очень редко в виде терригенной примеси.

Общими диагностическими признаками полевых шпатов в шлифах являются (табл. 6–10, рис. 26–30):

- форма сечений обломочных зерен: удлиненная с параллельными ограничениями, близкая к четырехугольной (у андезина – к шестиугольной);
- часто неравномерная окатанность, от хорошей до средней и плохой с сохранением параллельности ограничений и четырехугольной формы обломков (вследствие скалывания по плоскостям спайности, опережающего окатывание зерен в процессе переноса);
- бесцветность и прозрачность – у неизменных и аутигенных полевых шпатов; и преобладание замещенных зерен, замутненных тонкими вторичными продуктами вплоть до исчезновения прозрачности, окрашенных в сероватые иногда буроватые тона;
- совершенная спайность в двух направлениях под углом, близким к 90° ;
- низкие цвета интерференции: серые – у калинатровых полевых шпатов и черно-серые, серые до белых – у плагиоклазов.

Очень характерным свойством полевых шпатов являются срастания их друг с другом и с кварцем: пертиты, антипертиты, мирмекиты, пегматиты (рис. 26).



Рис. 26. Сростания полевых шпатов друг с другом и с кварцем

Пертиты – веретеновидные или четковидные (пертиты распада) и струйчатые или пятнистые (пертиты замещения) включения плагиоклаза в щелочном полево-вом шпате.

При вращении столика микроскопа плагиоклаз и калиевый шпат гаснут не одновременно: сначала гаснет один минерал (например, пертиты), а затем – другой (калиевый шпат); минералы также отличаются по интерференционной окраске (плагиоклазы – белые; калишпаты – серые); кроме того, часто калиевый полевой шпат замещен пелитом, в то время как плагиоклаз может быть не замещен.

Антипертиты – вростки калиевых полевых шпатов в плагиоклазах. При повороте столика микроскопа одновременно гаснет полностью только один минеральный вид (например, плагиоклаз), в то время как другой минерал остается на просветлении.

Мирмекиты – червеобразные вростки кварца в плагиоклазах на стыках их со щелочными полевыми шпатами; в пределах зерна гаснут одновременно.

Пегматиты – закономерные сростания кварца и калиевого полевого шпата. В пределах зерна каждый минерал при повороте столика гаснет одновременно, но не совместно. Зачастую сростания носят геометрически правильный рисунок («еврейский гранит», «еврейский камень»).



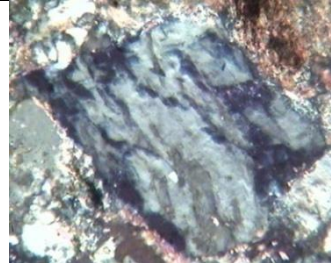

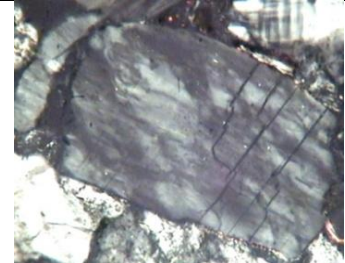

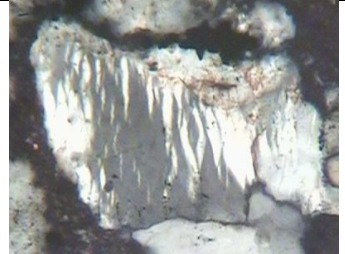

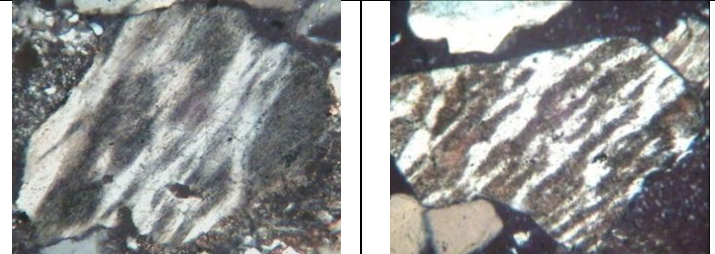
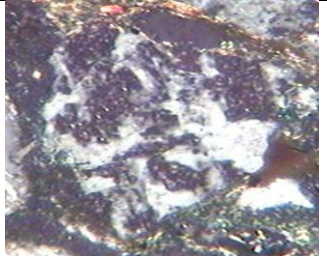
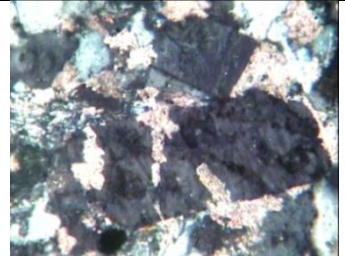



В песчаных коллекторах, приуроченных к осадочному чехлу платформенных отложений, вследствие удаленности источников сноса и интенсивной переработке осадков, при которой сохраняются наиболее устойчивые минералы, плагиоклазы представлены в основном кислыми разностями, а средние и основные встречаются очень редко или отсутствуют. Щелочные полевые шпаты в них представлены калиевыми разностями: ортоклазом и микроклином.

В нефтенасыщенных породах полевые шпаты часто растворены, в зернах по спайности и двойниковым швам хорошо развита внутризерновая пористость: щелевидная в плагиоклазах, неправильно-удлиненная – в ортоклазах и близкая к изометричной – в микроклине.

Таблица 6

Оптические свойства минералов группы калиевых полевых шпатов. Ортоклаз

Название и формула минерала	Сингония	Свойства при одном никеле			Свойства при двух николях					Продукты разложения. Включения	Диагностические признаки	
		Формы ограничения, границы, рельеф, шагреня	Прозрачность, окраска, плеохроизм, схема абсорбции	Спайность	Двойники	Показатели преломления		Ng-Np Цвета интерференции	Угол с:Ng, знак зоны, погасание			Осность, оптический знак, угол 2V
						Ng	Np					
Ортоклаз (K, Na)(AlSi ₃ O ₈)	Моноклиная	Прямоугольные и слабо вытянутые, неправильные зерна, лейсты, микроролиты; границы слабо заметные, рельеф низкий слабо отрицательный; шагрени нет	Прозрачный, бесцветный; за счет прорывов разрушения часто мутный, мало прозрачный и окрашен в серый, буроватый, пестрый цвет в серых или бурых тонах	Совершенная в двух направлениях под углом ≈90°: по (001) – наблюдается всегда; по (010) – плохо заметна	Простые	1,525	1,518	0,007 Низкие (серые, светло-серые), часто неоднородные пестрые	Косое; знак зоны не характерен	2-осный (-): 2V=70°	Глинистое вещество: микросталлический каолинит и пелит – пелитовый агрегат каолинита с примесью гидроксидов железа	Форма, рельеф, продукты замещения, простые (в отличие от микроклина) двойники, низкие цвета интерференции, срастания с кварцем и плагиоклазами

				
Буроватая окраска (1 николя)	Серые цвета интерференции (2 николя)	Неравномерная пестрая интерференция (2 николя)	Трещины спайности пересекаются под углом $\approx 90^\circ$ (1 и 2 николя)	
				
Проявлена одна система спайности (2 николя)	Пертитовое строение – веретенообразные и полосчатые сростки с альбитом – белое – (2 николя)	Пелитизация (2 николя)		
				
Каолинитизация (2 николя)	Кальцитизация (2 николя)	Пирит по трещинам спайности (1 николя)	Внутризерновые поры (1 николя)	Нефтяное вещество (1 николя)

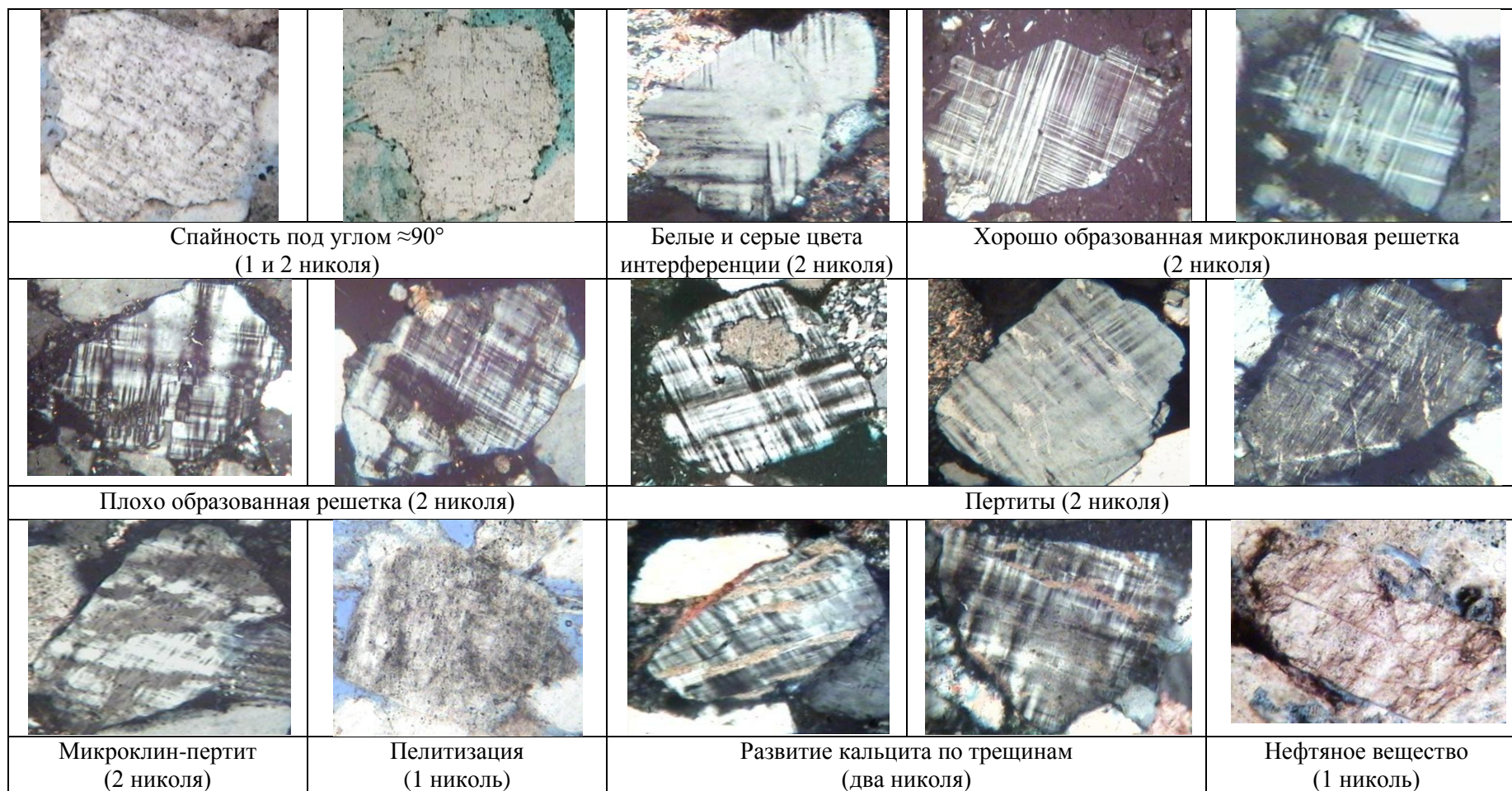
0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Рис. 27. Особенности зерен ортоклаза

Таблица 7

Оптические свойства минералов группы калиевых полевых шпатов. Микроклин

Название минерала	Сингония	Свойства при одном никеле			Двойники	Свойства при двух николях			Угол с:Ng, знак зоны, погасание	Осность, оптический знак, угол 2V	Продукты разложения. Включения	Диагностические признаки
		Формы ограничения, границы, рельеф, шагреня	Прозрачность, окраска, пленочность, схема абсорбции	Спайность		Показатели преломления	Ng-Np	Цвета интерференции				
						Ng	Np					
Микроклин (K, Na)(AlSi ₃ O ₈)	Триклинная	Прямоугольные и слабо вытянутые разрезные, неправильные зерна; границы слабо заметные, рельеф слабый отрицательный, шагреня нет	Прозрачен, бесцветен; окраска за счет продуктов разрушения буроватая	Совершенная в двух направлениях: по (001) и (010) под углом ≈90°	Полисинтетические двойники в виде решетки (микроромбическая решетка)	1,525	1,518	0,007 Низкие (белые и серые)	Косое; знак зоны не характерен	2-осный (-): 2V=80°	Глинистое вещество (каолинит и пелит)	Двойники (микроромбическая решетка), сростания с другими минералами: пертиты, антипертиты, мирмециты, микропегматиты

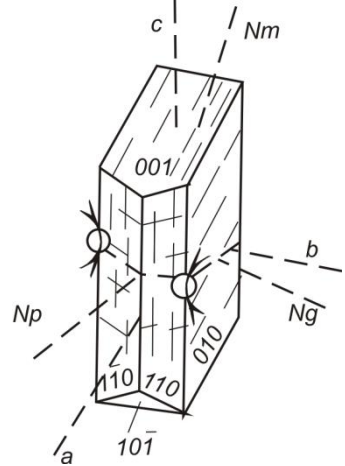


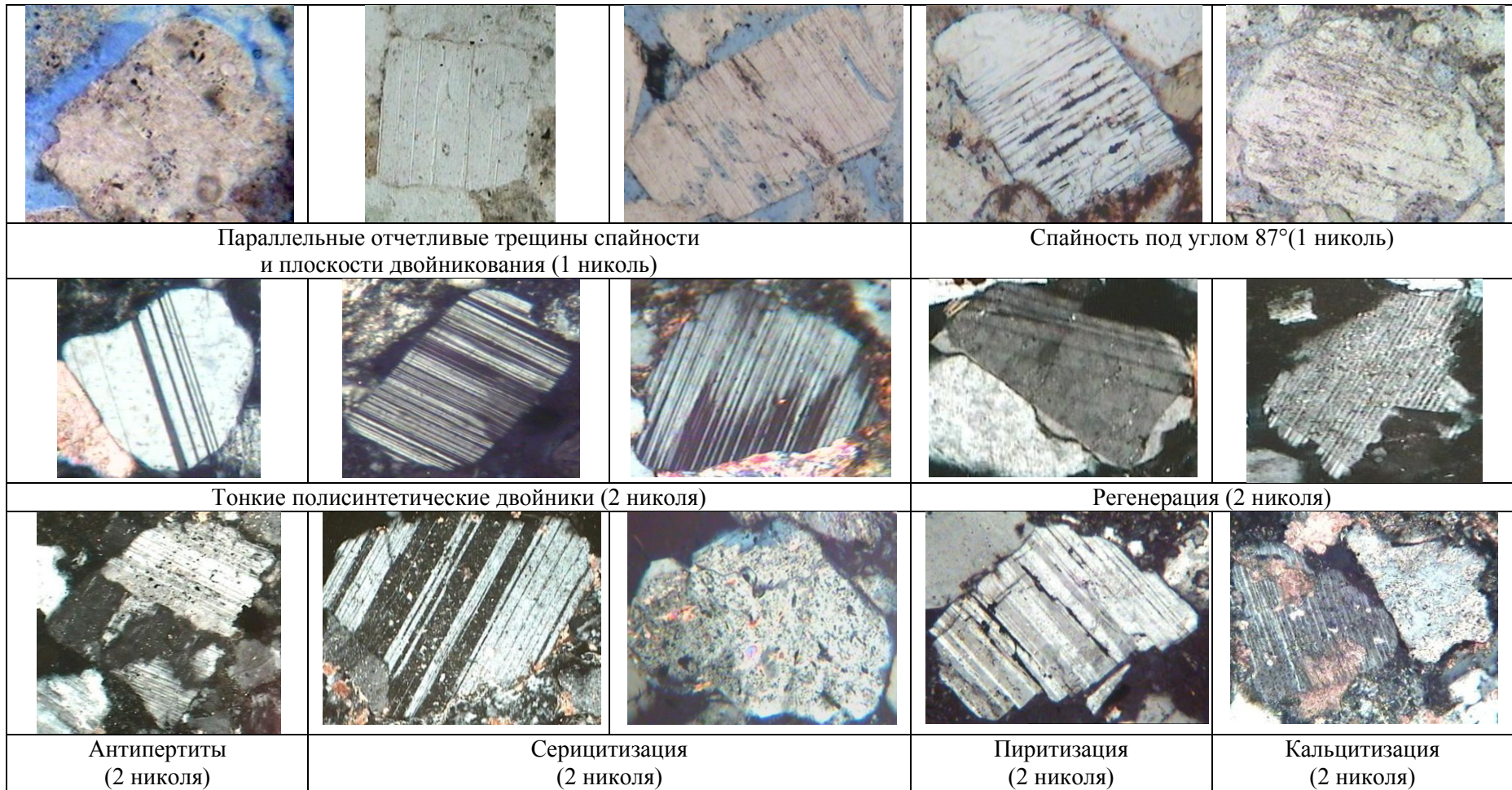
0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Рис. 28. Особенности зерен микроклина

Таблица 8

Оптические свойства плагиоклазов – $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] \rightarrow \text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_8]$. Кислые плагиоклазы. Альбит и олигоклаз

Название минерала	Сингония	Свойства при одном николе			Свойства при двух николях					Продукты разложения. Включения	Диагностические признаки	
		Формы ограничения, границы, рельеф, шагреня	Прозрачность, окраска, плеохроизм, схема абсорбции	Спайность	Двойники	Показатели преломления		Ng-Np Цвета интерференции	Угол с:Ng, знак зоны, погасание			Осность, оптический знак, угол 2V
						Ng	Np					
Альбит, олигоклаз	Триклинная	Прямоугольные пластинки, лейсты, изометричные разрезы, неправильные зерна; границы слабо заметные, рельеф практически отсутствует, шагрени нет	Прозрачен, бесцветен; окраска при разрушении грязно-сероватая	По (001) и (010) под углом 87°	Тонкие четкие параллельные полисинтетические	1,538	1,527	0,011 Низкие белые и серые	Косое; знак зоны не характерен; симметричное погасание двойников	Альбит 2-осный (+): $2V=50^\circ$	Чешуйки серицита, реже глинистое вещество – пелит с серыми окрасками	Форма, спайность, двойники, серицитизация, серый цвет продуктов разложения
										Олигоклаз 2-осный (-): $2V=60-70^\circ$		



0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Рис. 29. Особенности зерен кислых плагиоклазов

Таблица 9

Оптические свойства плагиоклазов – $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] \rightarrow \text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7]$. Средние плагиоклазы. Андезин

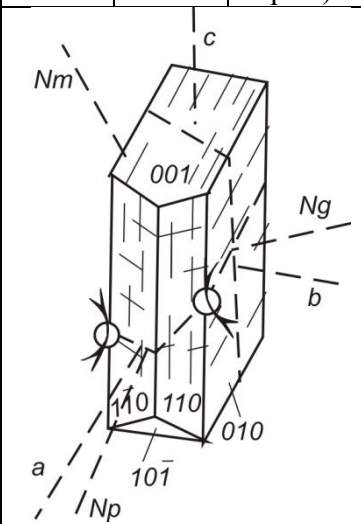
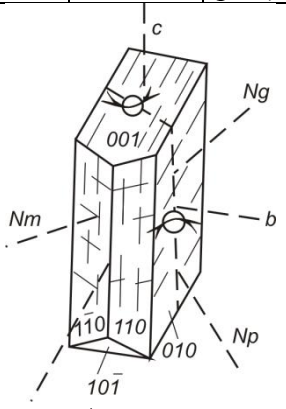
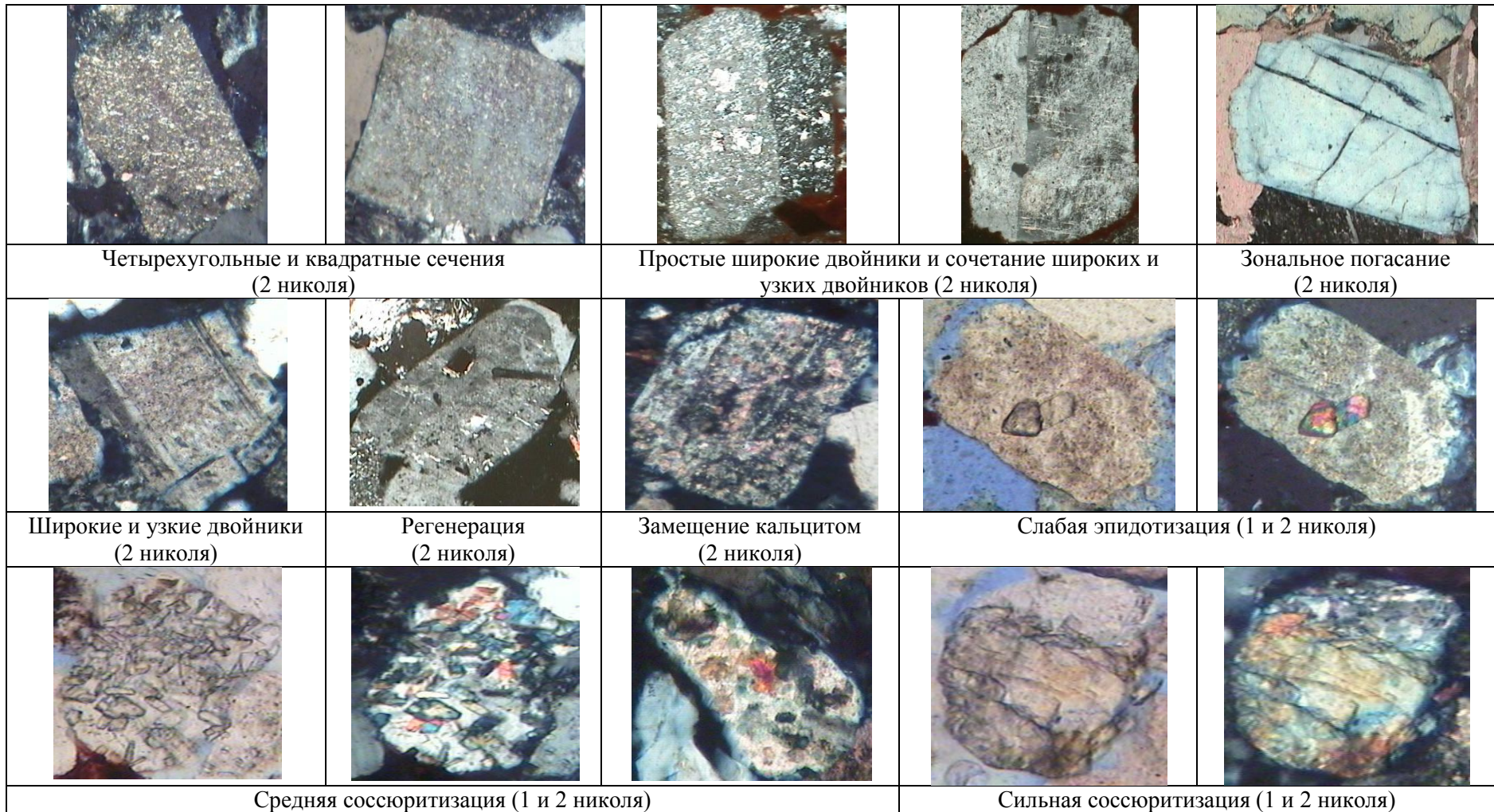
Название и формула минерала	Сингония	Свойства при одном никеле			Свойства при двух николях					Продукты разложения	Диагностические признаки	
		Формы ограничения, границы, рельеф, шагрень	Прозрачность, окраска, плеохроизм, схема абсорбции	Спайность	Двойники	Показатели преломления		Ng-Np Цвета интерференции	Угол с:Ng, знак зоны, погасание			Осность, оптический знак, угол 2V
						Ng	Np					
Андезин	Триклинная	Прямоугольные, изометричные разрезы, неправильные зерна; границы слабо заметные, рельеф слабый положительный, шагрени нет	Бесцветная, при разрушении сероватая, буроватая	По (001) и (010) под углом 87°	Зональные	1,561	1,564	0,008 Низкие (белые и серые)	Косое; знак зоны не характерен	2-осный (+): $2V=75-90^\circ$	Глинистое вещество (пелит), серицит	Двойники зонального строения, продукты разложения
												

Таблица 10

Оптические свойства плагиоклазов – $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] \rightarrow \text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$. Основные плагиоклазы. Лабрадор, битовнит, анортит

Название минерала	Сингония	Свойства при одном никеле			Свойства при двух николях					Продукты разложения. Включения	Диагностические признаки			
		Формы ограничения, границы, рельеф, шагрень	Прозрачность, окраска, плеохроизм, схема абсорбции	Спайность	Двойники	Показатели преломления		Ng-Np Цвета интерференции	Угол с:Ng, знак зоны, погасание			Осность, оптический знак, угол 2V		
						Ng	Np							
Лабрадор, битовнит, анортит	Триклинная	Прямоугольные, изометричные разрезы, неправильные зерна; границы слабо заметные, рельеф слабый положительный, шагрени нет	Прозрачные бесцветные; при размещении мутные, сероватые, буроватые	По (001) и (010) под углом 87°	Простые, широкие полисинтетические, сочетания широких и узких двойников	1,561–1,590	1,564–1,577	0,010–0,013 Низкие (белые и серые)	Косое; знак зоны не характерен	Лабрадор 2-осный (+): $2V=75-90^\circ$; битовнит 2-осный (-): $2V=90-80^\circ$; анортит 2-осный (-): $2V=80-75^\circ$	Цеолиты, хлориты, скаполит, эпидот, цоизит, карбонаты или их тонкая смесь (соссюрит)	Двойники, продукты разложения с высокими интерференционными окрасками		
														



0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Рис. 30. Особенности зерен основных плагиоклазов

4.3. Характеристика обломков пород, часто встречаемых в песчаниках

В песчаных породах наряду с обломками минералов встречаются обломки горных пород магматического и осадочного происхождения. Количество их может быть различным, но зачастую они, как кварц и полевые шпаты, являются породообразующими. Повышенное содержание обломков пород характерно для песчаников, сформированных в складчатых областях, особенно вблизи источников сноса. При длительном переносе обломки горных пород разрушаются, и количество их в песчаных породах по мере удаления от материнских пород; в ряду гравелиты–крупнозернистые песчаники–алевролиты, а также в осадочном чехле снизу вверх по разрезу уменьшается. Присутствие тех или иных пород в составе обломков дает возможность не только устанавливать источники сноса обломочного материала, но и способствуют сохранности (обломки с жестким каркасом) или исчезновению (обломки пластичных пород) порового пространства. Поэтому их диагностика является очень важной. Наиболее часто в песчаниках встречаются обломки кремнистых пород (яшм, фтанитов, микрокварцитов), гранитоидов (пегматитов, мирмекитов), эффузивов, алевролитов, глинистых и карбонатных пород (рис. 31–35).

Обломки кремнистых пород сложены кварцем, опалом и халцедоном, иногда содержат глинистую примесь (рис. 31). При одном никеле они бесцветные и незамутненные со слабой желтоватой окраской. При скрещенных николях обломки часто изотропны (сложены опалом), могут содержать сферолиты или волокнистые агрегаты халцедоновидного кварца и халцедона, либо анизотропны и представлены кварц-халцедоновым агрегатом микро- и тонкокristаллической структуры.

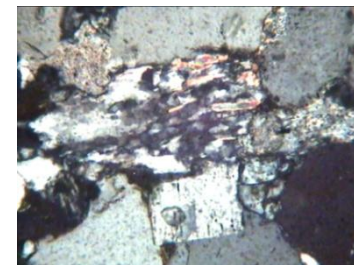
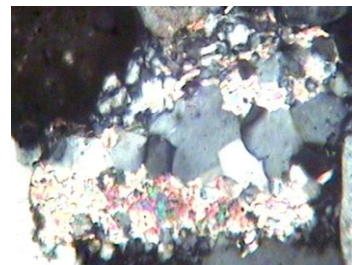
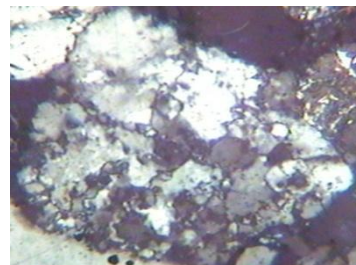
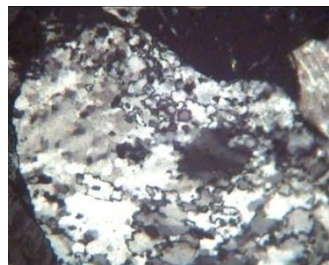
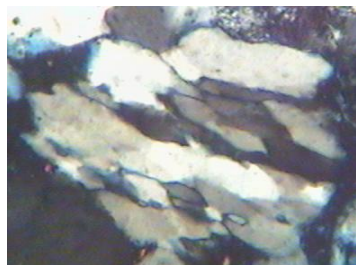
Обломки *органогенных кремнистых пород* – яшм, радиоляритов, диатомитов и др. обладают органогенной структурой и содержат перекристаллизованные остатки диатомовых водорослей, радиолярий и других кремнийсодержащих организмов, сцементированных кремнистым материалом.

Обломки *углеродистых фтанитов* представлены тонкоагрегатной халцедон-опаловой массой, насыщенной бурым и черным углефицированным органическим веществом.

Обломки *микрокварцитов* состоят из агрегата кварца и иногда мусковита. При одном никеле они бесцветные и относительно других зерен чистые, так как не имеют вторичных продуктов. В скрещенных николях заметно, что обломок имеет агрегатное строение: микрогранобластовое (сложены одним кварцем) или микрогранолепидобластовое (сложены кварцем и мусковитом).

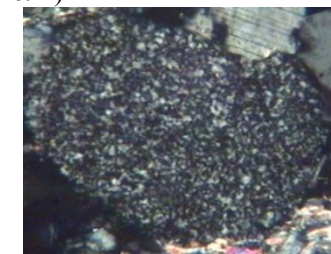
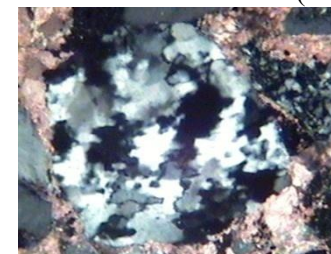
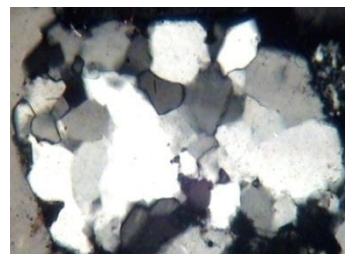
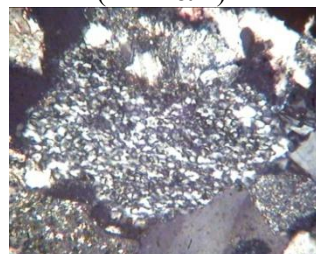
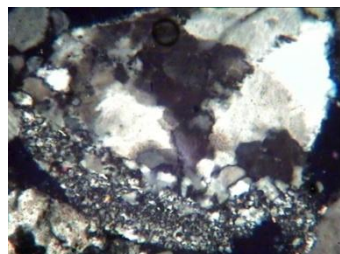
Обломки гранитоидов (рис. 32) представлены незакономерными сростками кварца, полевых шпатов, слюд (биотита и мусковита) с гранитной структурой. К этому же типу обломков при количественном петрографическом анализе можно отнести закономерные сростки кварца и полевых шпатов (зерна микропегматитов и мирмекиты).

Обломки эффузивных пород (рис. 33) отмечаются как в нормально-осадочных отложениях (песчаниках, алевролитах и т.п.), так и в породах смешанного вулканогенно-осадочного происхождения (туфогенных песчаниках, алевролитах и т.д.). В песчаниках эффузивы представлены разностями как среднего и кислого (чаще всего они преобладают), так и основного состава. Как правило, обломки эффузивных пород хорошо окатаны, сильно разрушены и замещены вторичными минералами.



Микрокварцит с гранобластовой структурой
(2 николя)

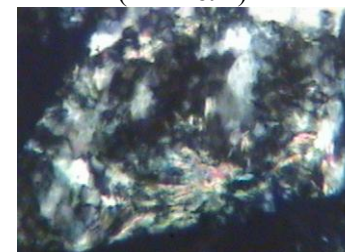
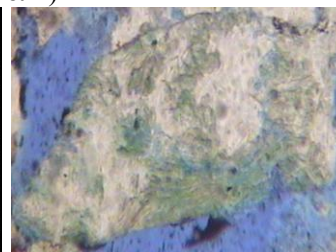
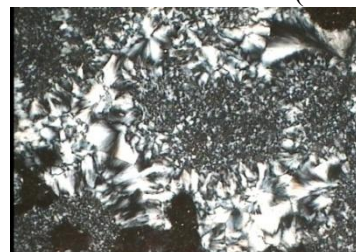
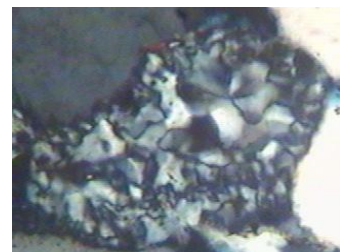
Микрокварциты с гранолепидобластовой структурой
(2 николя)



Кварцит неравномерно кристаллической структурой (2 николя)

Кварцит мелко-кристаллический
(2 николя)

Кремень
(2 николя)



Халцедон-кварцевая порода (2 николя)

Органогенная порода – спонголит (2 николя)

Яшма (2 николя)

Хлорит-кремнистая порода (1 и 2 николя)

0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Рис. 31. Особенности обломков кремнистых пород

Эффузивы основного и среднего состава состоят из беспорядочно и одинаково ориентированных микролитов плагиоклазов, погруженных в стекловатый, магнетит-хлоритовый базис. Зерна часто лейкоксенизированы, иногда содержат порфиновые вкрапленники, представленные более крупными зернами плагиоклазов удлиненной или призматической формы. Типичными продуктами их изменения являются хлорит, карбонаты, эпидот, оксиды железа, лейкоксен.

Эффузивы кислого состава сложены стеклом, часто раскристаллизованным до хлорита, и кремнистым материалом, иногда содержат порфиновые вкрапленники, представленные кварцем. Продукты их изменения – кварц, альбит, серицит.

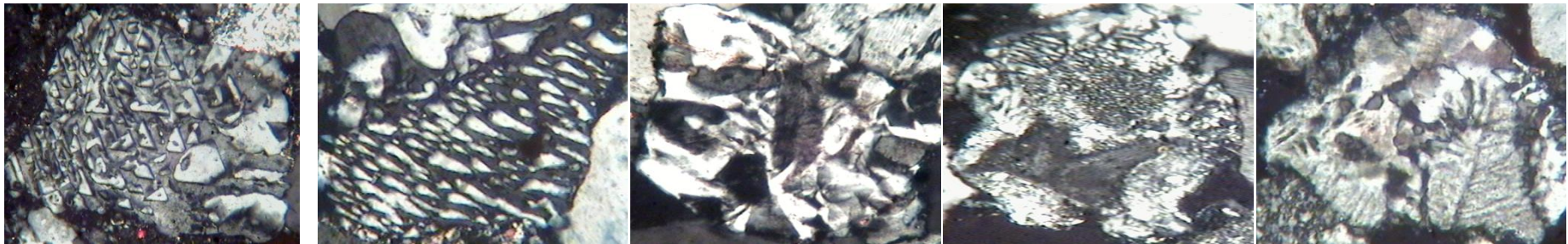
Вулканические стекла в заметных количествах присутствуют в породах смешанного вулканогенно-осадочного происхождения (туфогенные песчаники, алевролиты и т.д.), распространенных в районах вулканической деятельности. В песчаных и алевролитовых породах нормально-осадочного происхождения они встречаются реже и наблюдаются в виде оскольчатых и округлых обломков разной окраски, обычно мутных, содержащих различную примесь, и девитрифицированных, т.е. частично или полностью раскристаллизованных. При этом в скрещенных николях обломки приобретают аномальную, неравномерно проявленную анизотропию. Подробная характеристика вулканических стекол приведена в табл. 11 и на рис. 34.

Обломки алевролитов (рис. 35) узнаются по алевролитовым структурам, заметным при одном николе, и особенно в скрещенных николях. Зачастую они образуют интракласты – неокатанные и окатанные разноразмерные (до нескольких сантиметров и более) включения в песчаную матрицу размытых и переотложенных осадочных отложений, сформированных ранее.

Обломки глинистых пород, аргиллитов, глинистых сланцев сложены тонкодисперсным (пелитовым) материалом, часто имеют тонкослоистое и сланцеватое (сланцы) сложение. Они всегда замутнены и окрашены в серый, буроватый, зеленоватый, черный (при большом содержании тонкораспыленной растительной органики) цвет. В скрещенных николях обломки глинистых пород и аргиллитов часто кажутся изотропной смесью, состоящей из неразличимых под микроскопом глинистых минералов. В них отмечаются ориентированные чешуйки, чешуйчатые и чешуйчато-волокнистые агрегаты слюд, примесь сидерита и пирита, детрит растительной углефицированной органики и иногда терригенная примесь кварца, полевых шпатов и др. Обломки глинистых сланцев сложены хлорит-слюдистым агрегатом, представлены тонкими чешуйками слюд и хлорита, ориентированными по сланцеватости. К глинистым и глинисто-слюдистым обломкам относятся также зерна сильно измененных полевых шпатов. В отличие от слюдистых обломков, они имеют поликристаллическое сложение.

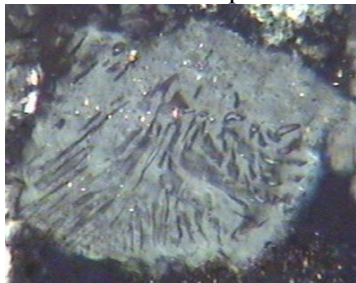
Как правило, обломки глинистых минералов пластически деформированы и вдавлены в пространство между более жесткими зернами. Глинистые породы, так же как и алевролиты, встречаются в песчаниках в виде интракластов.

Обломки карбонатных пород в песчаных и алевролитовых породах встречаются нечасто, так как они растворяются в седиментогенезе и на ранних этапах диагенеза. В случаях, если они сохранены, то представлены известняками и доломитами. Обычно обломки окружены глинистыми оторочками, предохраняющими их от растворения, или тонкой пленкой микрозернистого и потому более темного карбонатного вещества, образующегося вследствие растворения карбонатов вблизи поверхности зерна. Иногда на поверхности обломков отмечается также пленка гидроксидов железа.

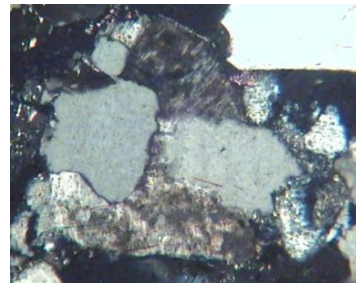


Закономерные сростки кварца с полевыми шпатами – микропегматиты (2 николя)

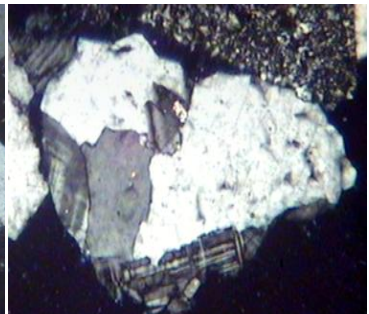
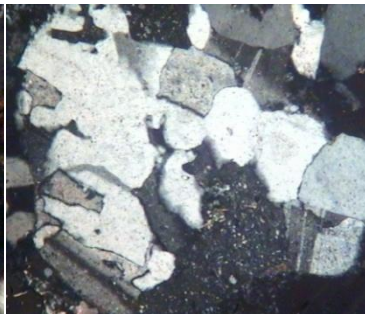
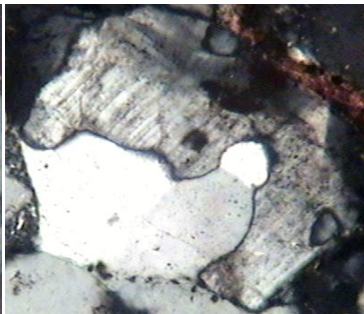
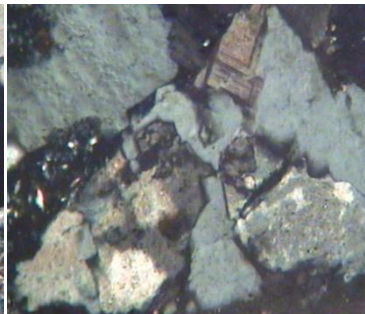
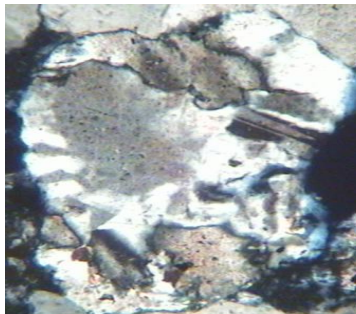
Незакономерные сростки кварца с полевыми шпатами (2 николя)



Мирмекиты (2 николя)



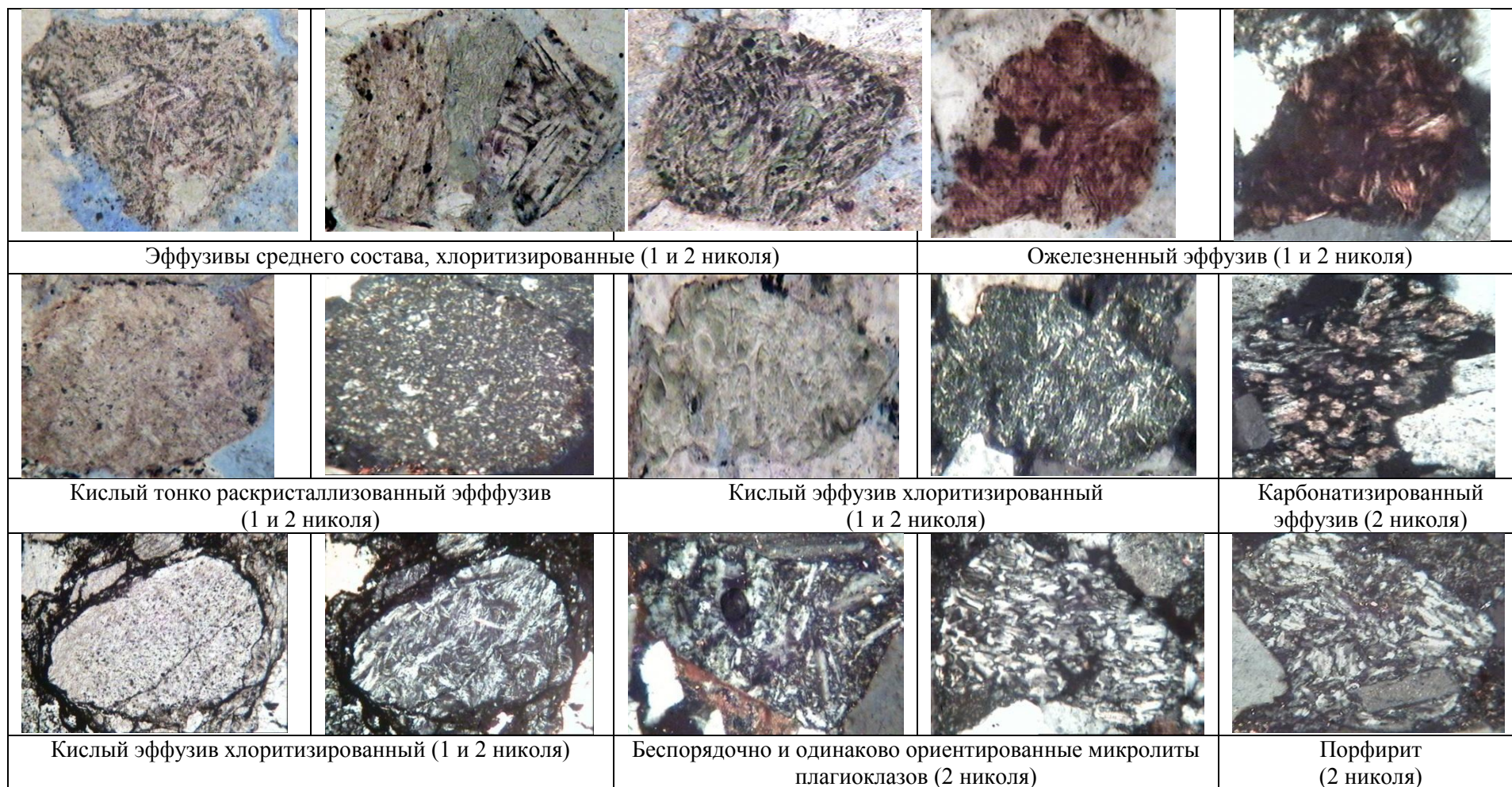
Незакономерные сростки кварца и полевых шпатов (2 николя)



Незакономерные сростки кварца, плагиоклазов и калиевых полевых шпатов (2 николя)

0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Рис. 32. Особенности обломков гранитоидов



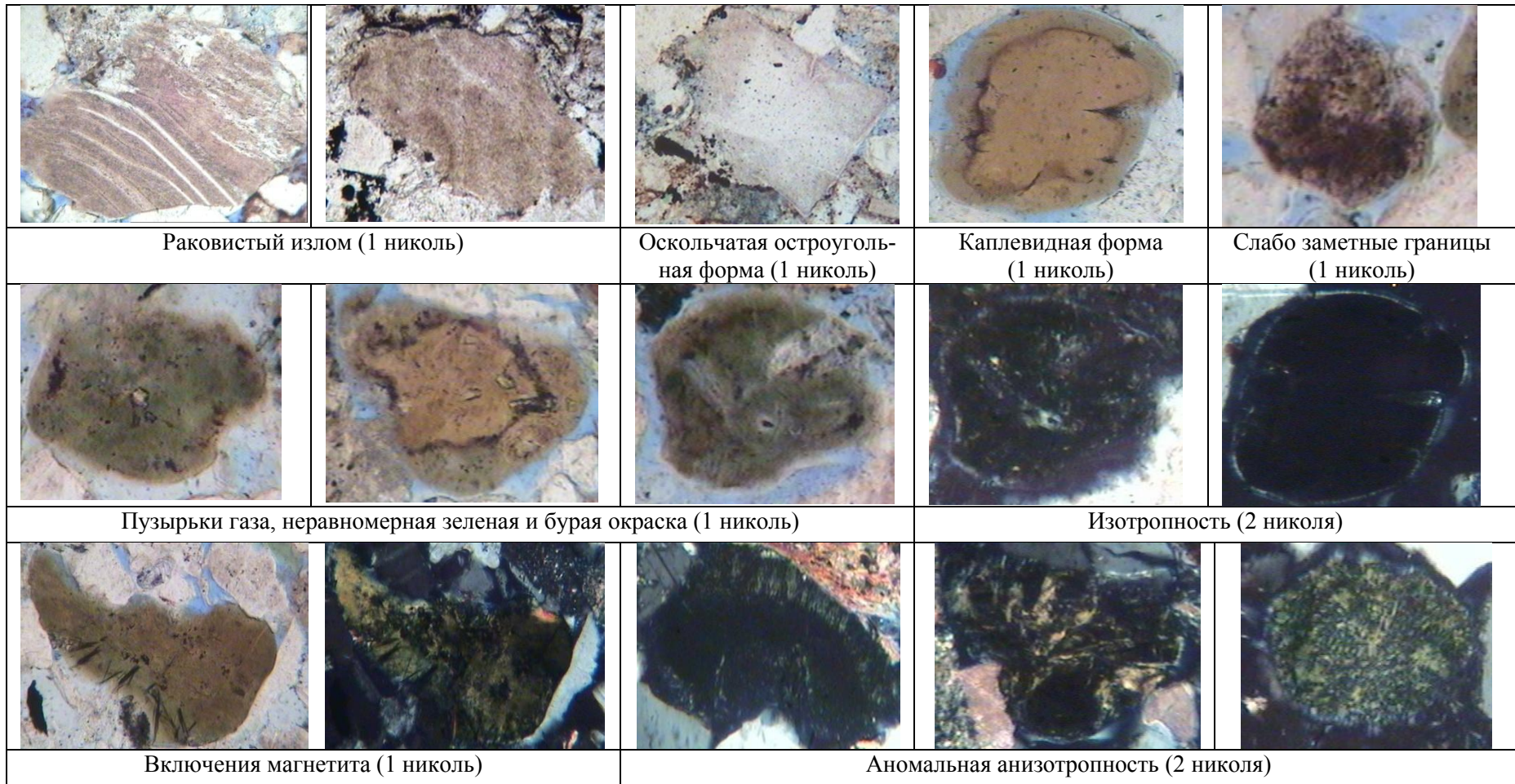
0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Рис. 33. Особенности обломков эффузивных пород

Таблица 11

Оптические свойства вулканических стекол

Название минерала	Сингония	Свойства при одном никеле			Свойства при двух николях					Продукты разложения. Включения	Диагностические признаки
		Формы ограничения, границы, рельеф, шагрень	Прозрачность, окраска, плеохроизм, схема абсорбции	Спайность	Двойники	Показатели преломления	Ng-Np Цвета интерференции	Угол с:Ng, знак зоны, погасание	Осность, оптический знак, угол 2V		
Вулканическое стекло: основное, среднее, кислое	Аморфные	Оскольчатые, рогульчатые, серповидные, клиновидные, каплевидные; границы слабоаметные, рельеф незаметен или слабый положительный, шагрени нет	Прозрачные; окраска зависит от примесей: зеленоватобурая, черная, фиолетовая, белая, розовая до бесцветной у кислых стекол; часто неравномерная, зональная, пятнистая, полосчатая	Нет, извилистые трещины	Нет	Основное: 1,575 (1,506–1,612); среднее: 1,512 (1,489–1,529); кислое: 1,492 (1,480–1,510).	Изотропны, реже аномально анизотропны	Нет	Нет	Девитрификация – разложение в криптокристаллический агрегат; наличие микролитов в виде включений	Оскольчатая форма, низкий рельеф, отсутствие спайности, изотропность



0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Рис. 34. Особенности обломков вулканических стекол

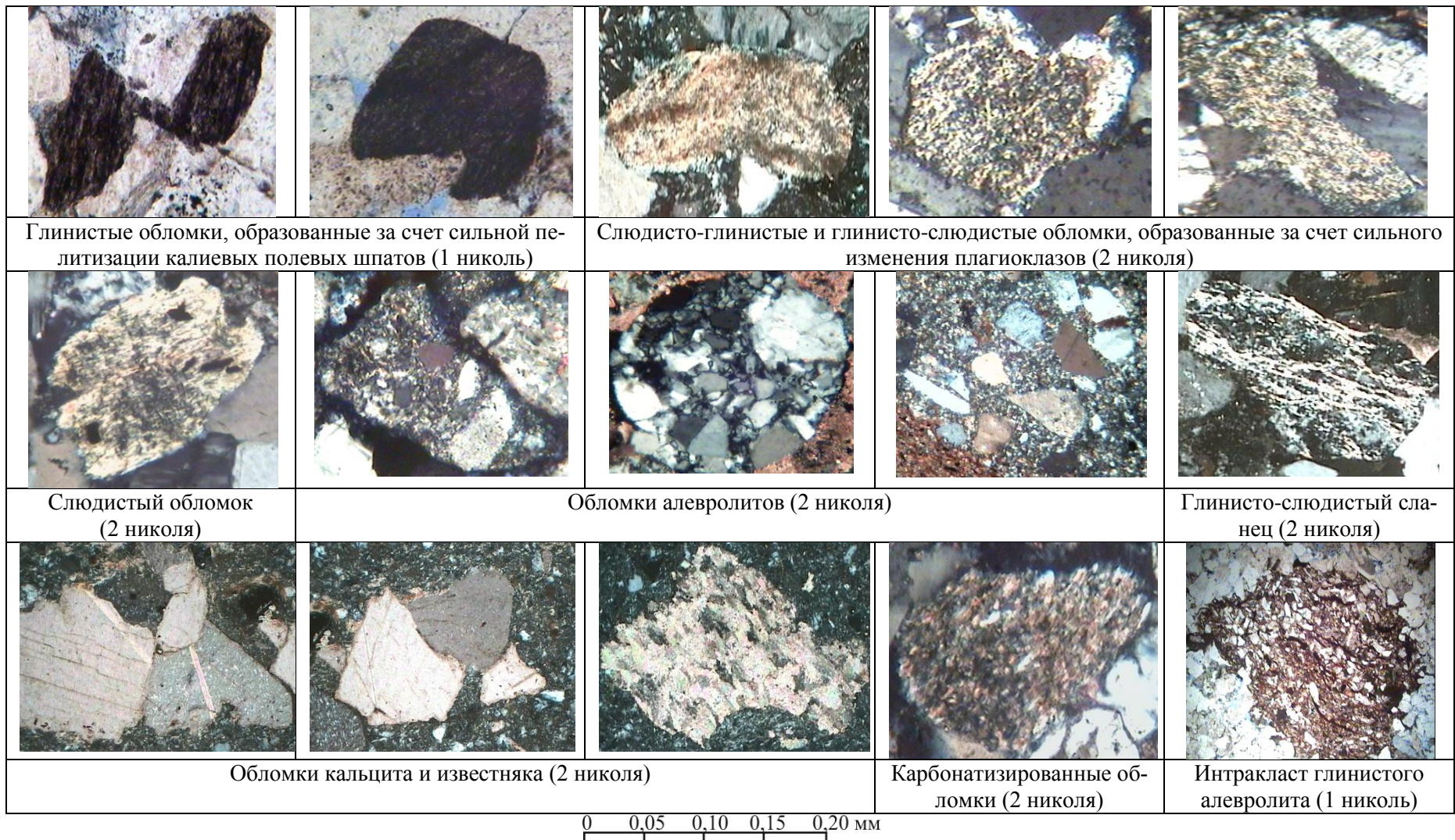


Рис. 35. Особенности обломков глинистых, слюдяных, терригенных и карбонатных пород

4.4. Диагностические признаки и оптические свойства второстепенных минералов

Второстепенными минералами в песчаных породах являются слюды, хлорит, глауконит.

Слюды относятся к слоистым алюмосиликатам с пластинчатым обликом и весьма совершенной спайностью. В песчаных породах встречаются слюды и их насыщенные гидратной водой (H_3O^+) разновидности – гидрослюды.

В песчаных породах слюды представлены мусковитом и биотитом. Материнскими породами, в которых мусковит присутствует в качестве породообразующего, являются кислые магматические (границы, гнейсы) и метаморфические (слюдистые сланцы) породы. Как вторичный минерал мусковит развивается по полевым шпатам в породах различного состава и генезиса, образуя очень мелкие чешуйки – серицит.

Биотит также широко распространен в магматических (особенно в породах кислого и среднего состава) и метаморфических (гнейсах, амфиболитах, кристаллических сланцах) породах.

Присутствие большого числа зерен обломочного биотита в песчанике является свидетельством близости источников сноса или вялого химического выветривания. В осадочном процессе биотит и мусковит обогащаются водой, пластинки их разбухают, разделяются на волокна, обесцвечиваются, замещаются вторичными минералами, при гидратации эти минералы переходят в гидрослюды (гидробиотит и гидромусковит). Принято считать, что у нижней границы зоны катагенеза достигается полное разрушение обломочного биотита.

Материнскими породами для хлорита являются различные породы магматического и метаморфического происхождения. В магматических породах он образуется по биотиту, роговой обманке, моноклинным пироксенам и плагиоклазам основного состава, выполняет пустоты и трещины в эффузивных породах. В метаморфических породах хлорит развивается по породообразующим компонентам или является породообразующим (в породах зеленосланцевой фации). Обломочный хлорит в осадочных породах присутствует в виде неправильных зерен и пластинок со сломанными концевыми гранями.

Зачастую зерна деформированы, обесцвечены, в них исчезает свойственная минералу аномальная индигово-синяя интерференционная окраска, являющаяся одним из его диагностических признаков. Часто при двух николях хлорит обладает зеленовато-желтой и зеленоватой окраской. Встречаются также железистые разновидности хлоритов – лептохлориты, имеющие буроватую окраску. Отличительная особенность хлорита в том, что минерал образуется осадочным путем в корах выветривания и в морских условиях, где он является аутигенным, наряду с другими минералами (например, с фосфатами) слагает цементы песчаных и алевритовых пород и развивается по различным обломочным зернам и в порах.

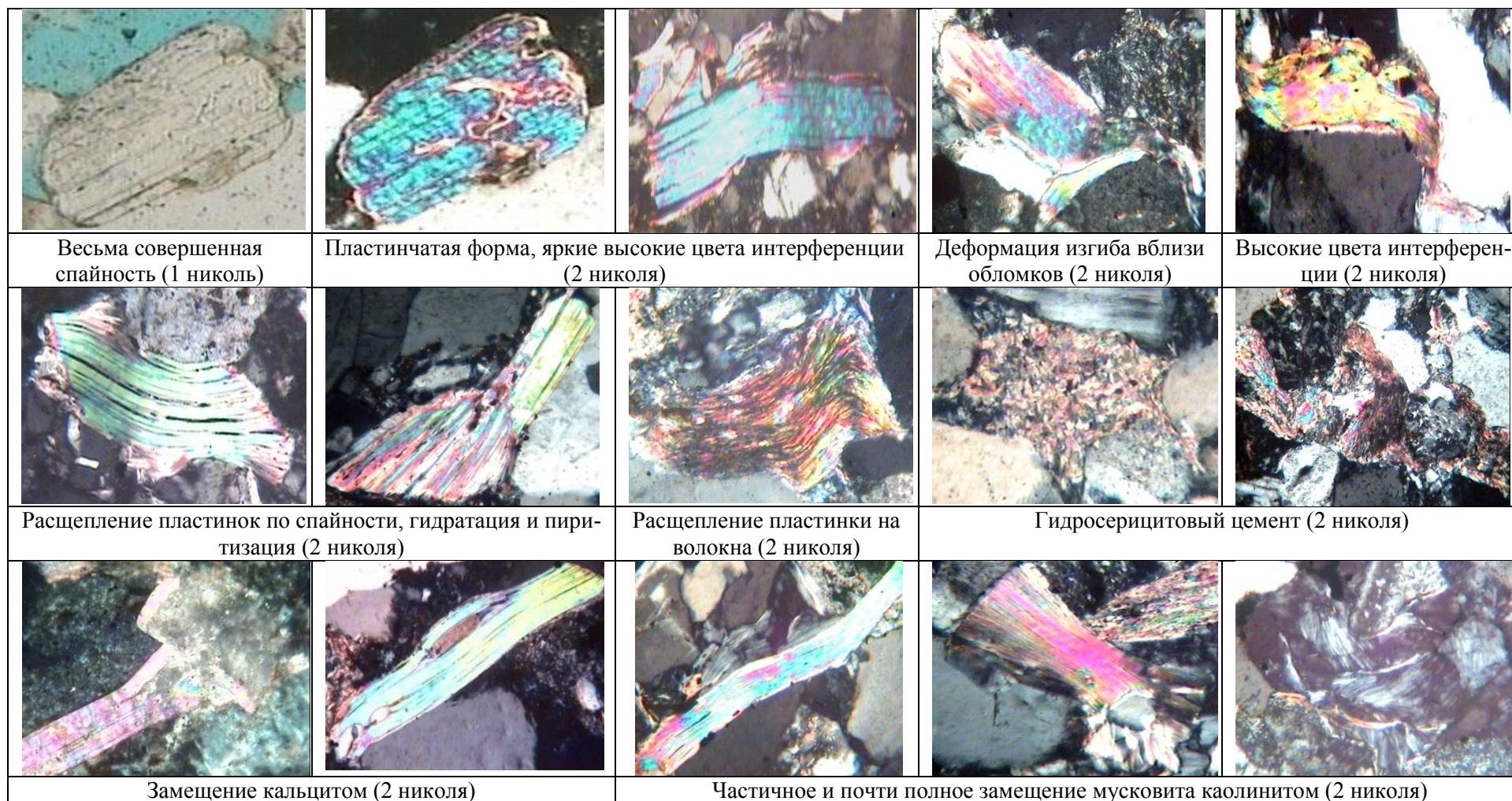
Глауконит, в отличие от других второстепенных минералов, редко является аллотигенным. Чаще всего он представлен аутигенными разновидностями, которые химически осаждаются из морской воды, и встречается только в морских осадочных породах, причем его крупные и яркие выделения наблюдаются в основании трансгрессивных толщ. Встречается в микроконкрециях, в обломках и цементе, развивается по хлориту, заполняет поры и трещины в обломках, замещает органические остатки.

Диагностические признаки и оптические свойства второстепенных минералов приведены в табл. 12–15 и на рис. 36–39.

Таблица 12

Оптические свойства слюд. Мусковит

Название и формула минерала	Сингония	Свойства при одном никеле			Свойства при двух николях					Продукты разложения. Включения	Диагностические признаки	
		Формы ограничения, рельеф, шагрень	Прозрачность, окраска, плеохроизм, схема абсорбции	Спайность	Двойники	Показатели преломления		Ng-Np Цвета интерференции	Угол с:Ng, знак зоны, погасание			Осность, оптический знак, угол 2V
						Ng (Nm)	Np					
Мусковит $KAl_2[AlSi_3O_{10}(OH,F)_2]$	Моноклиная	Таблитчатые, неправильные зерна, чешуйки, удлиненные иногда шестиугольные пластинки, часто деформированные; из-за псевдоабсорбции границы, рельеф и шагрень то исчезают, то проявляются отчетливо	Прозрачен, бесцветен	Весьма совершенная в одном направлении по (001)	Редко	Ng=1,588–1,615 Nm=1,682–1,611	1,552–1,572	0,036–0,040 Высокие	с:Ng=0° (прямое) Удлинение положительное	2 осный (-): 2V=30–47°	Устойчив, при гидратации переходит в гидромусковит (гидросерицит), каолинит, иногда в ассоциации с кальцитом и пиритом	Бесцветность; псевдоабсорбция, форма ограничения, высокая интерференционная окраска, прямое погасание



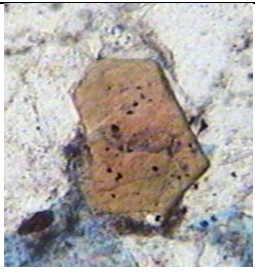




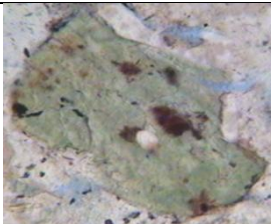



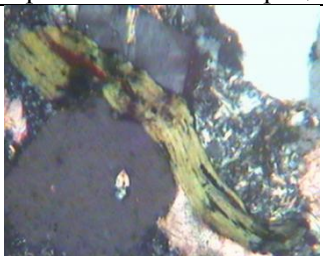
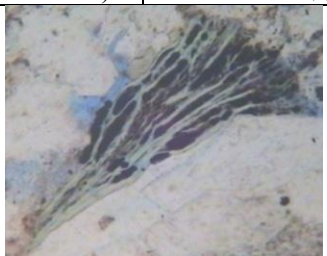

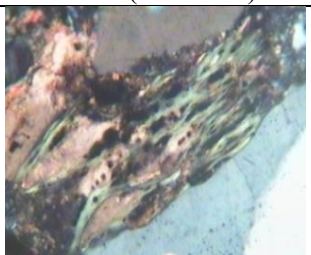
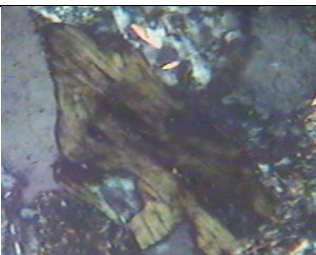
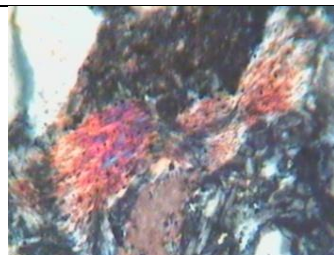
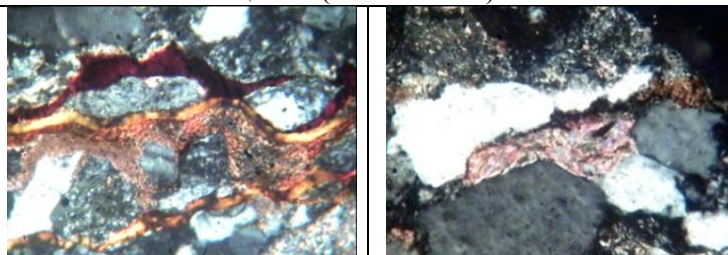
0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Рис. 36. Особенности зерен мусковита

Таблица 13

Оптические свойства слюд. Биотит

Название и формула минерала	Сингония	Свойства при одном никеле			Свойства при двух николях					Продукты разложения. Включения	Диагностические признаки	
		Формы ограничения, границы, рельеф, шагрень	Прозрачность, окраска, плеохроизм, схема абсорбции	Спайность	Двойники	Показатели преломления		Ng-Np Цвета интерференции	Угол с:Ng, знак зоны, погасание			Осность, оптический знак, угол 2V
						Ng и Nm	Np					
Биотит $K(Mg,Fe)_3[AlSi_3O_{10}(OH,F)_2]$	Моноклиная	Вытянутые листочки без концевых граней с неровными "лапчатыми" контурами, шестиугольные и неправильной формы разрезы	Прозрачные, в толстых пластинках до слабо прозрачных; окраска темно-зеленая до бурой, сильный плеохроизм и прямая схема абсорбции: Ng=бурая Np=бледно-желтая: $Ng \geq Nm > Np$	Совершенная (001)	По (001)	1,600–1,660	1,560–1,600	0,040–0,060 Высокие	с:Ng=0° (прямое) Удлинение положительное	2-осный (-): 2V=0–10°	Хлорит, эпидот, кальцит, магнетит, сидерит; при гидратации расщепляется на волокна, обесцвечивается; включения радиоактивных минералов – бурые плеохроичные дворики	Высокие цвета интерференции, прямое погасание, угол 2V, знак зоны, осность

						
Шестиугольные сечения (1 николю)	Буряя окраска, сильный плеохроизм в зеленовато-бурых тонах (1 николю)	Зеленая окраска, сильный плеохроизм с прямой схемой абсорбции (1 николю)			Пластинчатая форма, плеохроичные дворики (1 николю)	
						
Весьма совершенная спайность (1 николю)	Высокие цвета интерференции (2 николя)		Расщепление на волокна, замещение магнетитом и кальцитом (1 и 2 николя)			
						
Замещение кальцитом и магнетитом (2 николя)	Замещение хлоритом (2 николя)	Гидратация (1 николю)	Деформация изгиба на границе с обломками (2 николя)			

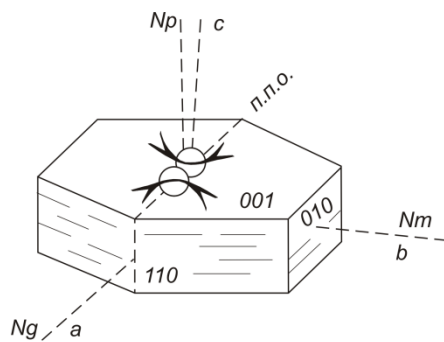
0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм




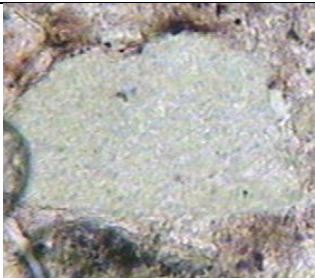
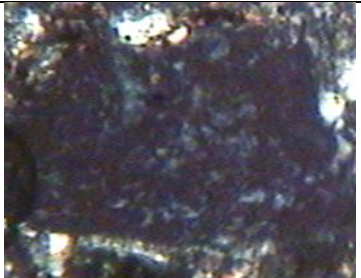

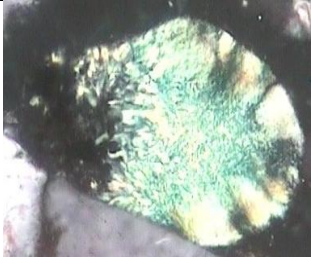

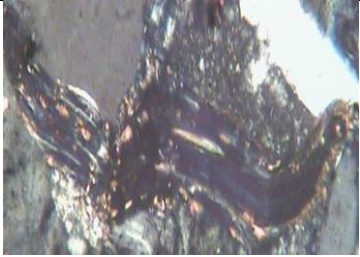
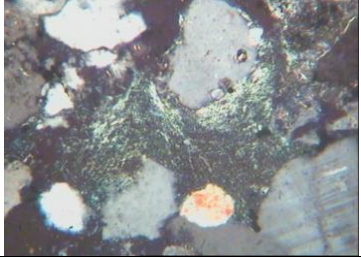

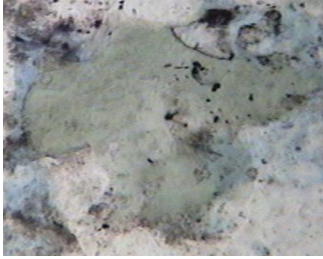


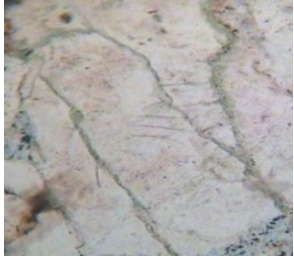
Рис. 37. Особенности зерен биотита

Таблица 14

Оптические свойства хлорита

Название и формула минерала	Сингония	Свойства при одном никеле			Свойства при двух николях					Продукты разложения. Включения	Диагностические признаки	
		Формы ограничения, границы, рельеф, шагреня	Прозрачность, окраска, плеохроизм, схема абсорбции	Спайность	Двойники	Показатели преломления		Ng-Np Цвета интерференции	Угол с:Ng, знак зоны, погасание			Осность, оптический знак, угол 2V
						Ng	Np					
<p>Хлорит</p> $n[Mg_6[Si_4O_{10}][OH]_8x mMg_4Al_2[Al_2Si_2O_{10}][OH]_8]$	Моноклиная	<p>Листоватые и пластинчатые и радиальнолучистые агрегаты, неправильные зерна, сферокристаллы; границы границы ясные, рельеф положительный</p>	<p>Прозрачный; бесцветный до зеленого и желтоватобурого (лептохлорит); окрашенные разности плеохроируют (от бесцветной до зеленой); схема абсорбции прямая: Ng= Nm>Np</p>	<p>Совершенная по (001)</p>	<p>Простые и полисинтетические по (001)</p>	1,596 (выше канадского балла)	1,582	<p>0,002–0,014 Аномальные тусклые темносиние, фиолетовые, оливково-бурые, желтые и коричневые (лептохлорит)</p>	<p>с:Ng=0 до 8–9° (прямое или косое), сферолитовое; знак зоны положительный</p>	<p>2 осный (псевдоодноосные) (+) (-): 2V близок к 0°.</p>	<p>Образуется за счет биотита, роговой обманки, пироксенов и др.; замещается лимонитом, гематитом, пиритом, глауконитом</p>	<p>Форма ограничения, цвет, плеохроизм, спайность, цвета интерференции</p>



				
Зеленая часто неравномерная окраска (1 николя)	Радиально-лучистое строение (2 николя)	Пластинчатое строение (1 и 2 николя)	Тонкокристаллическое строение (1 и 2 николя)	Низкие фиолетовые цвета интерференции (2 николя)
				
Низкие фиолетовые цвета интерференции (2 николя)	Зеленые цвета интерференции. Сферолитовое погасание (2 николя)	Развивается по биотиту (совместно с кальцитом) и гидробиотиту (2 николя)		
				
Хлорит между обломками (1 николя)	Хлорит в цементе (1 николя)	Хлорит по обломкам (1 николя)		



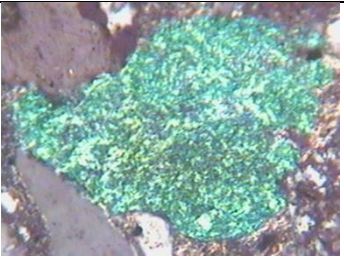
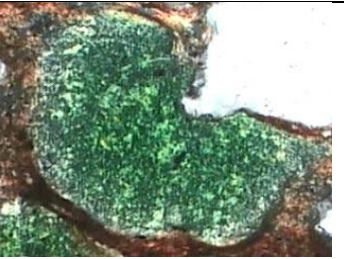


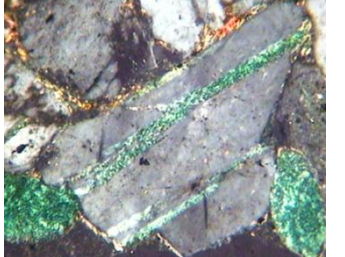






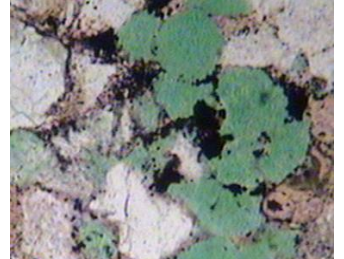
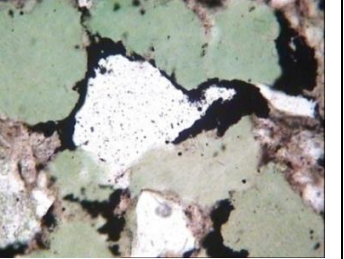
0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Рис. 38. Особенности зерен хлорита

Таблица 15

Оптические свойства глауконита

Название и формула минерала	Сингония	Свойства при одном николе			Свойства при двух николях					Продукты разложения. Включения	Диагностические признаки	
		Формы ограничения, границы, рельеф, шагреня	Прозрачность, окраска, плеохроизм, схема абсорбции	Спайность	Двойники	Показатели преломления		Ng-Np Цвета интерференции	Угол с:Ng, знак зоны, погасание			Осность, оптический знак, угол 2V
						Ng	Np					
Глауконит	Моноклиная	Агрегат мельчайших чешушек и зернышек, лапчатые и округлые образования иногда с трещинами синерезиса; границы отчетливые, рельеф высокоположительный	Прозрачен до полупрозрачного; окраска голубовато-зеленая, зеленая, желто-зеленая, бурозеленая, плеохроизм в зеленых желтых тонах	Совершенная по (001)	Нет	1,625	1600	0,025, полиагрегатная поляризация	Погасание не прямое, полиагрегатное, иногда изотропен; знак зоны положительный (+)	2-осный (+): 2V=0–20°	Возникает путем разложения алюмосиликатов и биотита; замещается хлоритом, слюдами, гидро-слюдами, пиритом, кальцитом, оксидами железа	Окраска, высокий рельеф, агрегатная поляризация

				
Высокий рельеф	Зеленая яркая окраска (1 николя)	Полиагрегатное погасание (2 николя)	Округлая форма (2 николя)	
				
В трещине обломка с пиритом (1 николя)	Прожилки в плагиоклазе (2 николя)	Прожилки в обломке кварца (2 николя)	Округлые и концентрически-зональные образования (1 и 2 николя)	
				
Трещины синерезиса (1 николя)	Трещины синерезиса, заполненные пиритом (1 и 2 николя)		Ассоциация с пиритом (1 николя)	

0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Рис. 39. Особенности зерен глауконита

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Алексеев В.П. Литология: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГА, 2001 – 249 с.
2. Атлас структурных компонентов карбонатных коллекторов. / Н.К. Фортунатова, О.А. Карцева, А.В. Баранова и др. – М.: ВНИГНИ, 2005. – 440 с.
3. Багринцева К.И. Карбонатные породы-коллекторы нефти и газа. – М.: Недра, 1977. – 257 с.
4. Бурлин Ю.К., Конюхов А.И., Карньюшина Е.Е. Литология нефтегазоносных толщ: учебное пособие для вузов. – М.: Недра, 1991. – 286 с.
5. Бетехтин А.Г. Курс минералогии. – М.: Госгеолтехиздат, 1961. – 540 с.
6. Вильямс Х., Тернер Ф. Дж., Гилберт Ч.М. Петрография. Ч. 2. Осадочные породы. – М.: Мир, 1985. – с. 5–154.
7. Гринсмит Дж. Петрология осадочных пород. – М.: Мир, 1981. – 180 с.
8. Дмитриев С.Д. Основы петрографии кристаллических горных пород. Часть I. Методы кристаллооптических исследований: учебное пособие. – Якутск: Изд-во Якутского государственного университета, 1978. – 108 с.
9. Залищак Б.Л., Бурилина Л.В., Кипаренко Р.И. Определение породообразующих минералов в шлифах и иммерсионных препаратах. – М.: Недра, 1981. – 152 с.
10. Калинин М.К. Методика исследования коллекторских свойств кернов. – М.: Госуд. науч.-техн. изд-во нефтяной и горно-топливной литературы, 1963. – 225 с.
11. Киркинская В.Н., Смехов Е.М. Карбонатные породы-коллекторы нефти и газа. – Л.: Недра, 1981. – 255 с.
12. Князев В.С., Кононова И.Б. Руководство к лабораторным занятиям по общей петрографии: учебное пособие для вузов. – М.: Недра, 1991. – 128 с.
13. Кузнецов В.Г. Литология карбонатных пород-коллекторов: учебное пособие. – М.: МИНГ, 1986. – 80 с.
14. Кочурова Р.Н. Основы практической петрографии. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1977. – 176 с.
15. Лапинская Т.А., Прошляков Б.К. Основы петрографии. – М.: Недра, 1981. – 232 с.
16. Логвиненко Н.В. Петрография осадочных пород (с основами методики исследования): учебник для студентов геол. спец. вузов. – М.: Высшая школа, 1984. – 416 с.
17. Логвиненко Н.В., Сергеева Э.И. Методы определения осадочных пород: учебное пособие для вузов. – Л.: Недра, 1986. – 240 с.
18. Лодочников В.Н. Главнейшие породообразующие минералы. Издание 5-е, испр. и доп. // Под ред. В.С. Соболева. – М.: «Недра», 1974. – 248 с.
19. Маслов А.В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. – 289 с.
20. Наумов В.А. Оптическое определение компонентов осадочных пород. – М.: Недра, 1981. – 200 с.
21. Оникиенко С.К. Методика исследования породообразующих минералов в прозрачных шлифах. – М.: Недра, 1971. – 128 с.
22. Осадочные породы (классификация, характеристика, генезис) / Ю.П. Казанский, А.Ф. Белоусов, В.Г. Петров и др. – Новосибирск: Наука, 1987. – 213 с.

23. Петрография осадочных пород / Под ред. Г.Б. Мильнера. – М.: Недра, 1968. – Т. 1 – 500 с. – Т. 2 – 665 с.
24. Петрология I. Основы кристаллооптики и породообразующие минералы. / А.А. Маракушев, А.В. Бобров, Н.Н. Перцев, А.Н. Феногенов. – М.: Научный Мир, 2000. – 316 с.
25. Петтиджон Ф.Дж. Осадочные породы: Пер. с англ. – Недра, 1981. – 751 с.
26. Платонов М.В., Тугарова М.А. Петрография обломочных и карбонатных пород: Учебно-методическое пособие. – СПб., 2004. – 72 с.
27. Прошляков Б.К., Кузнецов В.Г. Литология: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1991. – 444 с.
28. Пустовалов Л.В. Петрография осадочных пород. М. – Л.: Гостоптехиздат, 1940. – Т.3. – 63 с.
29. Справочник по литологии. / Под ред. Н.Б. Вассоевича, В.И. Марченко. – М.: Недра, 1983. – 509 с.
30. Трегер В.Е. Оптическое определение породообразующих минералов. М: Недра, 1980. – 208 с.
31. Тугарова М.А. Породы-коллекторы: Свойства, петрографические признаки, классификации: учебно-методич. пособие. – СПб., 2004. – 36 с.
32. Флоренский П.В., Милосердова Л.В., Балицкий В.П. Основы литологии: учебное пособие. – М.: РГУ Нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. – 105 с.
33. Фролов В.Т. Руководство к лабораторным занятиям по петрографии осадочных пород. – М.: Изд-во МГУ, 1964. – 311 с.
34. Фролов В.Т. Литология: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ. – кн. 1, 1992. – 336 с.; кн. 2, 1993. – 432 с.; кн. 3, 1995. – 352 с.
35. Ханин А.А. Породы-коллекторы нефти и газа и их изучение. – М.: Недра, 1969. – 368 с.
36. Черников О.А. Литологические исследования в нефтепромысловой геологии. – М.: Недра, 1981. – 236 с.
37. Шванов В.Н. Песчаные породы и методы их изучения. – Л.: Недра, 1969. – 248 с.
38. Шванов В.Н. Петрография песчаных пород. – Л.: Недра, 1987. – 269 с.
39. Швецов М.С. Петрография осадочных пород. – М.: Госгеолтехиздат, 1958. – 416 с.
40. Япаскерт О.В., Карпова Е.В., Ростовцева Ю.В. Литология. Краткий курс (избранные лекции): учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 228 с.
41. Япаскерт О.В. Литология: учебник для студентов высших учебных заведений. – М.: Изд-во центр «Академия», 2008. – 336 с.

Дополнительная

42. Атлас текстур и структур осадочных горных пород. Т.1. Обломочные и глинистые породы / Е.В. Дмитриева, Г.И. Ершов, Е.И. Орешкова и др. / Под ред. А.В. Хабакова. – М.: Госгеолтехиздат, 1962. – 578 с.
43. Атлас текстур и структур осадочных горных пород. Т.2. Карбонатные породы / Е.В. Дмитриева, Г.И. Ершов, В.Л. Либрович и др. / Под ред. А.В. Хабакова. – М.: Недра, 1969. – 655 с.
44. Багринцева К.И., Дмитриевский А.Н., Бочко Р.А. Атлас карбонатных коллекторов месторождений нефти и газа Восточно-Европейской и Сибирской платформ. / Под редакцией К.И. Багринцевой. – М., 2003. – 264 с.

45. Бакиров А.А., Мальцева А.К. Литолого-фациальный и формационный анализ при поисках и разведке скоплений нефти и газа: Учебное пособие для вузов. – М.: Недра, 1985. – 159 с.
46. Безбородов Р.С. Краткий курс литологии. – М.: Изд-во РУДН, 1989. – 313 с.
47. Бетхер О.В., Вологодина И.В. Осадочные горные породы. Систематика и классификации: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТГУ, 2007. – 171 с.
48. Бурлин Ю.К. Природные резервуары нефти и газа: учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1976. – 136 с.
49. Ежова А.В. Литология: учебник. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 336 с.
50. Иванова Г.М., Столбова Н.Ф. Практикум по петрографии осадочных пород. – Томск: Изд-во ТПУ, 1992. – 120 с.
51. Музафаров В.Г. Определитель минералов, горных пород и окаменелостей. – М.: Недра, 1979. – 327 с.
52. Недоливно Н.М. Исследование керна нефтегазовых скважин: практикум для выполнения учебно-научных работ студентами направления «Прикладная геология». – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 156 с.
53. Петтиджон Ф.Дж., Поттер П., Сивер Р. Пески и песчаники: Пер. с англ. – М.: Мир, 1976. – 536 с.
54. Рухин Л.Б. О классификации обломочных частиц и слагаемых ими пород // Вестн. Ленингр. ун-та., 1956. – № 24. – С. 57–80
55. Сахибгареев Р.С. Вторичные изменения коллекторов в процессе формирования и разрушения нефтяных залежей. – Л.: Недра, 1989. – 260 с.
56. Систематика и классификация осадочных пород и их аналогов / В.Н. Шванов, В.Т.Фролов, Э.И. Сергеева и др. – СПб: Недра, 1998. – 352 с.
57. Смехов Е.М. Теоретические и методические основы поисков трещинных коллекторов нефти и газа. – Л.: Недра, 1974. – 200 с.
58. Столбова Н.Ф. Введение в оптическую минералогия: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 91 с.
59. Теодорович Г.И. Аутигенные минералы осадочных пород. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 225 с.
60. Шутов В.Д. Классификация песчаных пород // Литология и полезные ископаемые. – 1967. – № 5. – С. 86–103.
61. Юбельт Р., Шрайтер П. Определитель минералов. – М.: Мир, 1978. – 328 с
62. Япаскерт О.В. Стадиальный анализ литогенеза: учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 142 с.

Сайты интернета

63. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/eb/k_feldspar_replacement.jpg
64. <http://www.graphicon.ru/proceedings/2010/conference/RU/Se5/04.pdf>
65. <http://www.geo.sfedu.ru/ucheb/petro>

ОГЛАВЛЕНИЕ

С.

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОРОД	4
1.1. Задачи, решаемые петрографическими исследованиями.....	4
1.2. Шлифы и способы их изготовления.....	4
1.3. Поляризационный микроскоп и его устройство.....	6
2. ОСНОВЫ КРИСТАЛЛООПТИКИ	10
2.1. Поляризация света.....	10
2.2. Оптическая индикатриса.....	11
3. ИЗУЧЕНИЕ МИНЕРАЛОВ ПОД МИКРОСКОПОМ	14
3.1. Диагностические признаки минералов, определяемые в проходящем свете при одном никеле.....	14
3.2. Диагностические признаки минералов, определяемые в проходящем поляризованном свете.....	22
3.3. Диагностические признаки минералов, определяемые в сходящемся свете (коноскопия).....	28
4. ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПЕСЧАНЫХ И КАРБОНАТНЫХ ПОРОД	31
4.1. Диагностические признаки и оптические свойства минералов группы кварца.....	31
4.2. Диагностические признаки и оптические свойства полевых шпатов.....	37
4.3. Характеристика обломков пород, часто встречаемых в песчаниках.....	48
4.4. Диагностические признаки и оптические свойства второстепенных минералов.....	56
4.5. Диагностические признаки и оптические свойства аксессуарных минералов.....	65
4.6. Диагностические признаки и оптические свойства аутигенных минералов.....	79
4.7. Диагностические признаки и оптические свойства глинистых минералов.....	84
4.8. Диагностические признаки и оптические свойства карбонатных минералов.....	89
4.9. Диагностические признаки и оптические свойства минералов соляных пород.....	96
5. ИЗУЧЕНИЕ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ	102
5.1. Классификация и составные части терригенных пород.....	102
5.2. Схема изучения и описания терригенных пород-коллекторов.....	105
5.2.1. Название и цвет пород.....	105
5.2.2. Текстура пород.....	106
5.2.3. Структура пород.....	106

5.2.4.	Состав обломочной части.....	113
5.2.5.	Цементы в песчаных и алевритовых породах.....	115
5.2.6	Органические остатки.....	120
5.2.7.	Пустотное пространство.....	123
5.2.8.	Признаки нефтеносности.....	126
5.3.	Качественный петрографический анализ и описание терригенных пород-коллекторов в шлифах.....	128
5.4.	Количественные петрографические исследования песчаных пород-коллекторов в шлифах.....	129
5.4.1.	Гранулометрический анализ пород в шлифах и методика его проведения.....	129
5.4.2.	Проведение количественного минералогического анализа.....	132
5.4.3.	Проведение количественного анализа пористости.....	133
5.4.4.	Проведение комплексного количественного анализа породы.....	133
5.4.5.	Пример описания шлифа при проведении комплексного петрографического анализа в шлифах.....	136
6.	ИЗУЧЕНИЕ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД–КОЛЛЕКТОРОВ.....	138
6.1.	Классификация карбонатных пород.....	138
6.2.	Пустотное пространство карбонатных коллекторов.....	146
6.3.	Признаки нефтеносности в карбонатных коллекторах.....	154
6.4.	Описание карбонатных пород-коллекторов в шлифах.....	154
7.	КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОД. КЛАССИФИКАЦИИ КОЛЛЕКТОРОВ.....	156
7.1.	Емкостные свойства пород.....	156
7.2.	Фильтрационные свойства пород.....	158
7.3.	Типы коллекторов и их классификация.....	159
7.4.	Изучение пустотно-порового пространства и обоснование типа коллектора.....	166
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	167

Учебное издание

НЕДОЛИВКО Наталья Михайловна
ЕЖОВА Александра Викторовна

**ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ТЕРРИГЕННЫХ И КАРБОНАТНЫХ
ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ**

Учебное пособие

Издано в авторской редакции

Научный редактор *доктор геол.-минерал. наук,*
профессор А.К. Мазуров
Дизайн обложки *Н.М. Недоливко*


**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати . Формат 60x84/8. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л.. Уч.-изд. л..
Заказ . Тираж 100 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  **ТПУ** . 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru