

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 2-2
ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ АКЦЕССОРНЫХ И АУТИГЕННЫХ МИ-
НЕРАЛОВ

*Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Фе-
дерации по высшему образованию в области прикладной геологии в ка-
честве учебного пособия по вариативной дисциплине «Исследование
кернового 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

4.5. Диагностические признаки и оптические свойства акцессорных минералов

Акцессорные минералы (акцессории) – это аллотигенные рудные (магнетит, ильменит, гематит и др.) и нерудные (циркон, гранат, рутил, турмалин, сфен, монацит, апатит, касситерит и др.) устойчивые аллотигенные минералы, вынесенные из материнских пород. Несмотря на ничтожно малое содержание (до 1–2 %, реже более), значение акцессориев велико, особенно при определении источников сноса обломочного материала. Генетически акцессорные минералы связаны с магматическими и метаморфическими породами, некоторые образуются осадочным путем.

Рудные минералы распространены в магматических, метаморфических, вулканогенно-осадочных (гематит и магнетит) и кремнистых (гематит образует кристаллы, удлинённо-игольчатые агрегаты, псевдоморфозы по органическим остаткам) породах. В песчаниках присутствуют в виде кристаллов, сростков, обломков, окатанных зерен.

Циркон генетически связан с метаморфическими (мелкие неправильные и округлые зерна) и магматическими: граниты, сиениты, диориты и др. (мелкие призматические кристаллы и включения в кварце, биотите, роговой обманке и др.) породами. В песчаниках встречается в виде мелких хорошо образованных неокатанных и окатанных кристаллов и их обломков.

Гранаты в метаморфических породах (кристаллических сланцах, гнейсах, скарнах и др.) являются породообразующими; в магматических породах (за исключением гранат-содержащих гранитов и пегматитов) – второстепенными. В песчаниках присутствуют преимущественно в виде трещиноватых обломков, реже (очень мелкие гранаты) в форме огранённых кристаллов.

Апатит имеет магматическое (щелочные интрузивные и эффузивные породы), метаморфическое и осадочное происхождение. В осадочных породах он образует псевдоморфозы по органическим остаткам, конкреции, зернистые и землистые агрегаты, в обломочных породах отмечается в виде призматических кристаллов, удлинённо-окатанных зерен.

Турмалин – типичный минерал пегматитовых жил, также встречается в гранитах и метаморфических породах (грейзенах, вторичных кварцитах, метаморфогенных гранитоидах). В песчаниках присутствует в виде кристаллов и их обломков.

Эпидот и клиноцоизит – породообразующие минералы метаморфических пород (амфиболиты, хлоритовые сланцы); цоизит и эпидот – вторичные минералы по плагиоклазам основного состава. В песчаниках отмечаются в виде неправильных окатанных, часто сильно растресканных зерен.

Рутил встречается преимущественно в кислых и средних интрузивных породах, пегматитах, в метаморфических породах (амфиболитах, эклогитах). В песчаниках присутствует в виде включений в кварце, неправильных обломков и фрагментов обломанных кристаллов.

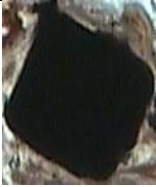
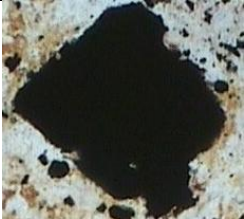

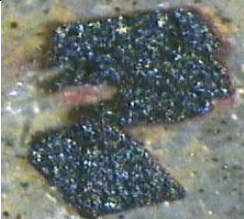
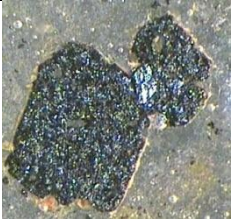
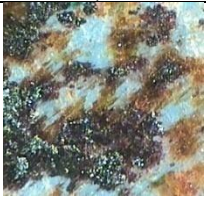
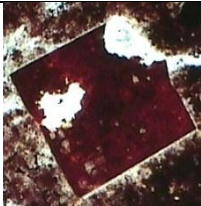

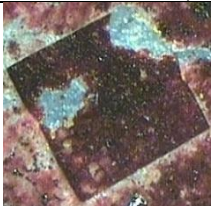
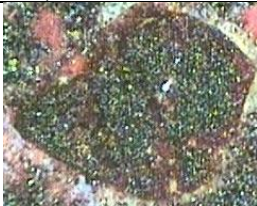
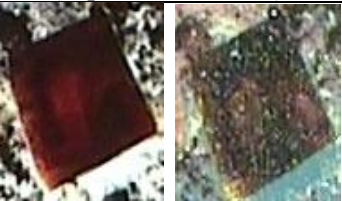
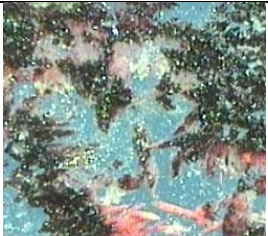



Акцессорные минералы часто сохраняют свои кристаллографические особенности (встречаются в форме неокатанных и плохо окатанных кристаллов), вследствие чего диагностика их облегчается. Большинство из прозрачных акцессориев обладает высокими показателями преломления. Поэтому зачастую для их диагностики проводят более детальные исследования зерен в высокопреломляющих иммерсионных жидкостях с известным показателем преломления.

Диагностические признаки и оптические свойства акцессорных минералов приведены в табл. 16–23 и на рис. 40–44.

Таблица 16

Оптические свойства минералов группы оксидов железа и титана. Магнетит, гематит, ильменит

Название минерала	Сингония	Формы ограничения	Окраска в отраженном и проходящем свете	Двойники	Показатели преломления		No-Ne, цвета интерференции	Продукты разложения	Диагностические признаки
					No	Ne			
Магнетит $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}\text{O}_4$	Кубическая	Октаэдры, додекаэдры, квадратные, треугольные, неправильные зерна, скелетные формы	Не прозрачен, в отраженном свете – сталь-но-серый и черный, иногда с красновато-коричневым оттенком	Двойники с разрезами в виде прямоугольников с входящими углами	Нет	Нет	Нет	Гематит, лейкоксен, (у титаномагнетита), гидроксиды железа	Форма, окраска в отраженном свете, двойники, продукты разложения
Гематит Fe_2O_3	Тригональная	Тонкие пластинки, дендриты, иголочки, оолиты; в песчаниках – пластинки, чешуйки, ромбоэдрические зерна в цементе, цемент. Рельеф очень высокий	Не прозрачен, в тонких пластинках просвечивает кроваво-красным; в отраженном свете – белый, стально-серый до железо-черного с сильным металлическим блеском, часто с буровато-красными оксидами железа		3,15– 3,22	2,87– 2,94	0,280, различимая анизотропия	Лимонит, пирит; развивается по лимониту, магнетиту, сидериту, пириту	Форма, окраска в проходящем и отраженном свете, продукты разложения
Ильменит $\text{Fe}^{2+}\text{TiO}_3$	Тригональная	Листочки, пластинки, дендриты, скелеты	Непрозрачен, в отраженном свете – серовато-белый со слегка желтоватым оттенком		Нет	Нет	Нет	Лейкоксен	Форма, окраска в отраженном свете, продукты разложения

				
Магнетит. Квадратные сечения (1 николь)	Магнетит в эффузивной породе. Тонкая сыпь и кристаллы, пленки гидроксидов железа (1 николь)		Металлический блеск и стально-серый до черного цвет (отраженный свет)	
				
Гидроксиды железа по магнетиту (отраженный свет)	Гематит. Кроваво-красный цвет, просвечивающие срезы кристаллов и пластинки (1 николь)		Гематит. Металлический блеск, стально-серая с вишнево-красным налетом окраска, сыпь пирита (отраженный свет)	
				
Квадратные сечения (1 николь и отраженный свет)	Гематит. Дендриты (отраженный свет)	Гематит в основной массе эффузива (1 николь)	Акцессорный гематит в песчанике (1 николь)	Акцессорный гематит в песчанике (отраженный свет)




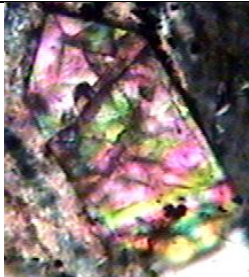
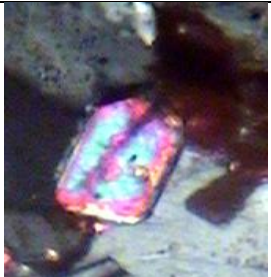




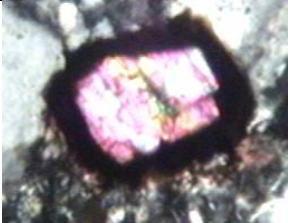


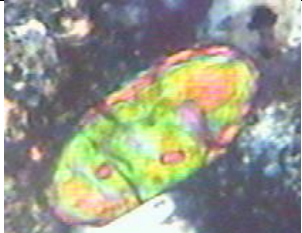
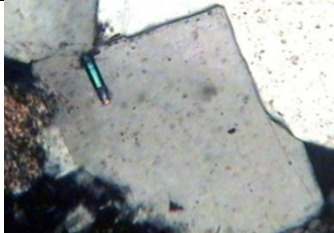

0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Рис. 40. Особенности зерен магнетита и гематита

Таблица 17

Оптические свойства аксессуарных минералов. Циркон

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		Ne-No Цвета интерференции	Угол $c:Ne$, знак зоны, погасание			Осность, угол $2V$ и оптический знак
						No	Ne					
Циркон $ZrSiO_4$	Тетрагональная	Призматические кристаллы с дипирамидальными окончаниями, окатанные эллипсоидные зерна, четырехугольные сечения; рельеф очень высокий положительный, шагрень	Бесцветный, реже желтоватый, розово-красный, буроватый; окрашенные разности плеохроируют; часто имеет зональное строение (в метаморфических породах)	Редко по (110)	Редко по (111)	1,923–1,960	1,968–2,010	0,044–0,062 Высокие, яркие III и IV порядка	$c:Ne=0$ (погасание прямое), часто зональное	1-осный (+), иногда 2-осный (+): $2V$ до 10°	Продукты радиоактивного распада в виде бурой оторочки вокруг зерен	Форма кристаллов, высокий рельеф, высокое двупреломление, погасание, бурая камера продуктов разложения

				
Бесцветный кристалл с высоким рельефом и высокими цветами интерференции (2 николя)		Призматическая форма кристаллов с пирамидальным окончанием (2 николя)		
				
Трещиноватые зерна (1 и 2 николя)			Коричнево-черная оторочка за счет радиоактивного распада (1 и 2 николя)	
				
Окатанный кристалл (2 николя)	Окатанный зональный кристалл (2 николя)	Окатанное зерно (2 николя)	Кристаллы циркона в кварце (2 николя)	

0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Рис. 41. Особенности зерен циркона

Таблица 18

Оптические свойства аксессуарных минералов. Гранаты

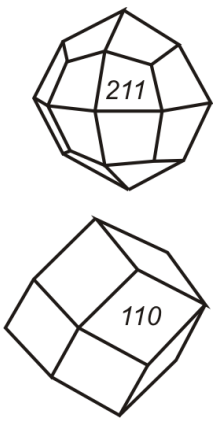
Название и формула минерала	Сингония	Свойства при одном никеле			Свойства при двух николях			Продукты разложения. Включения	Диагностические признаки
		Формы ограничения, границы, рельеф, шагренёв	Прозрачность, окраска, плеохроизм, схема абсорбции	Спайность	Двойники	Показатели преломления	Двупреломление. Погасание		
<p>Альмандин $\text{Fe}^{+2}\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ – Пироп $\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$</p> <p>Альмандин $\text{Fe}^{+2}\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ – Спессартин $\text{Mn}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$</p> <p>Гроссуляр $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ – Андрадит $\text{Ca}_3\text{Fe}_2^{+3}\text{Si}_3\text{O}_{12}$</p>	Кубическая	<p>Изометричные: шести- и восьмиугольные сечения огранённых кристаллов (тетрагонтриоктаэдров, ромбодекаэдров и их комбинаций), неправильные окатанные и с первичной огранкой обломки; рельеф резкий положительный, шагренева поверхность резкая: зерна кажутся сероватыми или серыми</p>	<p>Прозрачные; бесцветные или слабо окрашенные: бесцветный – гроссуляр; красноватый или розоватый – пироп, альмандин, спессартин; зеленоватый или красноватый – андрадит</p>	<p>Отсутствует, часто зерна разбиты сечью многочисленных извилистых трещин</p>	<p>Гроссуляр и андрадит – образуют сложные полисинтетические часто секториальные двойники</p>	<p>1,675–1,887</p> 	<p>Изотропны, редко анизотропны (чистые спессартины, гроссуляр, андрадит); двупреломление до 0,005–0,010; аномальное зонное погасание (гроссуляр, андрадит)</p>	<p>Хлорит, эпидот, биотит, карбонаты, плагиоклазы, амфиболы, оксиды и гидроксиды железа бурого и красновато-бурого цвета; включения зёрен других минералов: кварца, биотита, полевых шпатов, рудных минералов</p>	<p>Форма, рельеф, трещиноватость, отсутствие спайности, изотропность</p>

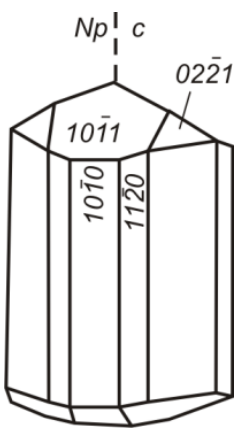
Таблица 19






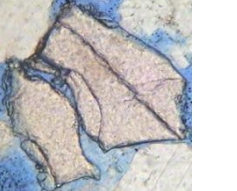
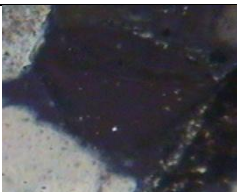










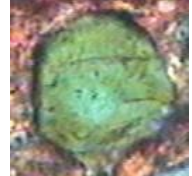

Свойства аксессуарных минералов. Апатит

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
						Nm	Np					
Апатит $\text{Ca}_5(\text{F, Cl})(\text{PO}_4)_3$	Гексагональная	Шестиугольные разрезы, таблички, игольчатые и шестоватые призм, удлиненные, либо округлые окатанные зерна; границы отчетливые, рельеф высокий, шагрень ясная	Чистый, прозрачный, бесцветный, иногда из-за пылевидных включений – серый, буроватый, розоватый	Отдельность по (0001) – поперек удлинения призматических кристаллов	Нет	1,630–1,655		0,002–0,005. Очень низкие серые цвета интерференции I порядка	с:Np=0 (прямое), удлинение отрицательное	1-осный (-)	Устойчивый, продукты разложения отсутствуют	Форма ограничений, рельеф, низкое двупреломление, отрицательный знак зоны

Таблица 20

Оптические свойства аксессуарных минералов. Турмалин

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		No-Ne, цвета интерференции	Угол с:Ng, знак зоны, погасание			Осность, оптический знак, угол 2V
						No	Ne					
<p>Турмалин</p> <p>$\text{NaMg}_3\text{Al}_6\text{B}_3\text{Si}_6\text{O}_{27}(\text{OH},\text{F})_4$ – дравит, $\text{Na}(\text{Fe},\text{Mn})_3\text{Al}_6\text{B}_3\text{Si}_6\text{O}_{27}(\text{OH},\text{F})_4$ – шерл, $\text{Na}(\text{Li},\text{Al})_3\text{Al}_6\text{B}_3\text{Si}_6\text{O}_{27}(\text{OH},\text{F})_4$ – эльбаит</p>	Тригональная	<p>Прямоугольники, неправильные зерна, сферические треугольники, лучистые агрегаты; рельеф высокий положительный</p>	<p>Прозрачный. Дравит – желтый, бурый, бесцветный; шерл – синий, голубой, желтый; эльбаит – голубой, зеленый, красный, бесцветный; зональная часто полихромная окраска, очень резкий плеохроизм: обратная схема абсорбции</p>	<p>Нет, отдельность, поперечная граням призмы</p>	<p>Нет</p>	<p>1,635–1,675</p>	<p>1,610–1,650</p>	<p>0,017–0,034 Высокие</p>	<p>с:Ng=0° (прямое); удлинение отрицательное</p>	<p>1-осный (-)</p>	<p>Нет</p>	<p>Сферические треугольники, плеохроизм, погасание, зональная окраска, схема абсорбции, отрицательное удлинение</p>
												

						
Гранаты: обломки изометричные и неправильные, бесцветные, с высоким рельефом, шагренью, без спайности, сильно трещиноватые (1 николю)						
						
Гранаты: изотропные зерна, в скрещенных николях черные (2 николя)					Апатит. Призматические кристаллы	
						
Апатит: кристаллы с поперечной отдельностью и низкими серыми цветами интерференции (1 и 2 николя)		Апатит: окатанные зерна с поперечной отдельностью и низкими цветами интерференции (1 и 2 николя)		Турмалин: удлиненные призматические и псевдотреугольные зерна с полихромной окраской и высокими цветами интерференции (2 николя)		

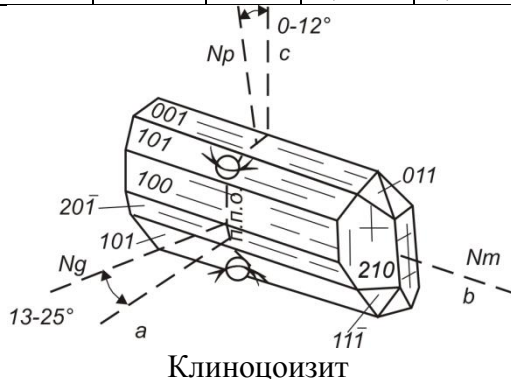
0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Рис. 42. Особенности зерен граната, апатита и турмалина

Таблица 21

Оптические свойства аксессуарных минералов. Эпидот, клиноцоизит, цоизит

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										
Эпидот $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_3[\text{Si}_3\text{O}_{12}][\text{OH}]$	Моноклиная	Неправильные, шестоватые, вытянутые разрезы, радиальные сростки; границы отчетливые, рельеф резкий положительный, шагреня резкая	Прозрачный, бесцветный, желтовато-зеленый, плеохроизм в тех же тонах	По (001), (100), под углом 65°	Полисинтетические	1,78	1,71	0,051 Аномальные пестрые «сарфаные»	с:Ng= $0-5^\circ$ (прямое); знак зоны (-) и (+)	2 осный (-): $2V=65-90^\circ$	Устойчивы; вторичные по хлориту, биотиту, полевым шпатам, амфибололам	Форма, рельеф, плеохроизм, угол спайности, цвета интерференции, осность.					
Клиноцоизит $\text{Ca}_2\text{Al}_3[\text{Si}_3\text{O}_{12}][\text{OH}]$						Бесцветный	Нет						1,702	1,697	0,005 Аномальные оранжево-желтые	с:Np= $0-14^\circ$; знак зоны (-) и (+)	2 осный (+): $2V=14-90^\circ$
													Цоизит $\text{Ca}_2\text{Al}_3[\text{Si}_3\text{O}_{12}][\text{OH}]$	Бесцветный			



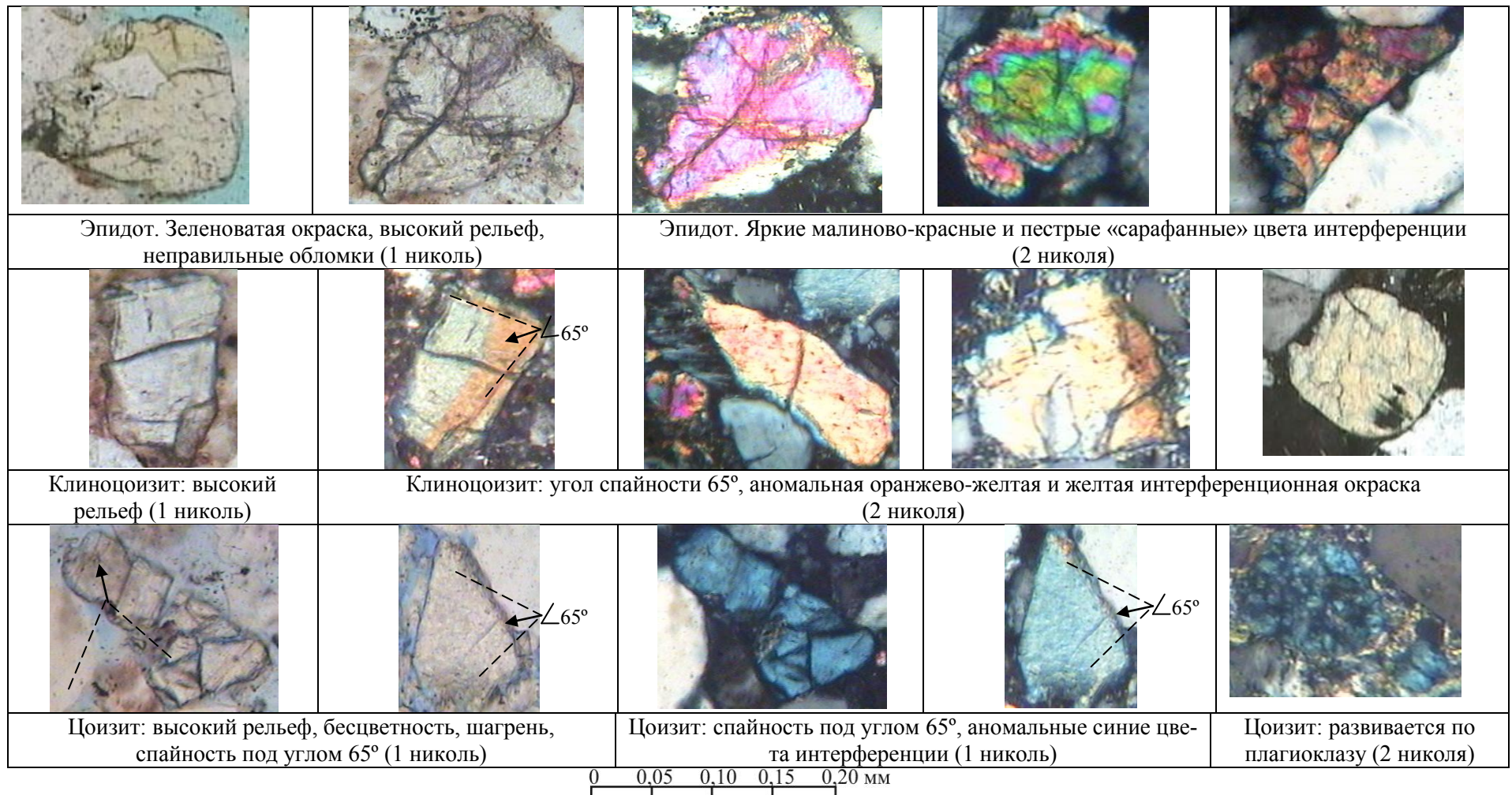


Рис. 43. Особенности зерен эпидота, клиноцоизита, цоизита



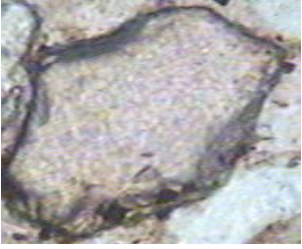
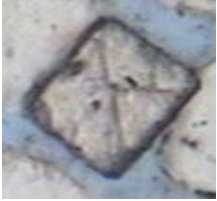











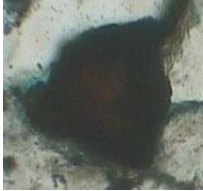
Оптические свойства аксессуарных титанистых минералов. Сфен

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					
Сфен $\text{CaTiSiO}_4(\text{O}, \text{OH}, \text{F})$	Моноклиная	Конвертообразные, призматические, клиновидные, в поперечных срезах ромбы и косые параллелограммы, часто неправильные зерна и агрегаты	Прозрачный, бесцветный, буроватый, коричневый, редко красноватый; плеохроизм заметный в оранжевых тонах; границы ясные, рельеф очень и высокий, резкая шагрень	По (110) проявляется не всегда, преимущественно в крупных зернах (>0,5 мм)	Встречаются, простые и полисинтетические	1,943–2,110	1,843–1,950	0,100–0,192 Очень высокие, перламутровые	с:Ng=51° Сильная дисперсия: в сечениях \perp оптической оси погасание отсутствует, иногда двойниковое; удлинение отрицательное	2-осн. (+): 2V=17–40°	Лейкоксен часто в виде буровато-черной каемки вокруг зерен	Конвертообразные сечения, буроватый цвет, высокий рельеф, шагрень, перламутровые цвета интерференции, погасание

Таблица 23

Оптические свойства акцессорных титанистых минералов. Рутил

Название и формула минерала	Сингония	Свойства при одном николе			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					
Рутил TiO ₂	Тетрагональная	Мелкие изометричные, удлиненные зерна с сечениями в виде шестиугольника, иголецкие кристаллы, удлиненно-иголецкие включения в кварце (волосатик)	Прозрачный до почти непрозрачного; густо окрашен в бурый или желто-бурый цвет; границы резкие, рельеф очень высокий	Проявлена редко	Коленчатые под углом 60° друг к другу	2,89–2,90	2,60–2,62	0,290 Очень высокая – белая высшего порядка, из-за собственной окраски не проявляется: при 2 и при 1 николе – практически одинаковая	с:Ng=0° Прямое, знак зоны положительный	1-осный (+)	Устойчив; образуется при изменении титансодержащих минералов (например, биотита – саггитовая решетка)	Форма, окраска, рельеф, двойники, высокое двупреломление, интерференционная окраска

					
Сфен. Высокий рельеф (1 николю)	Сфен. Резкие границы (1 николю)	Сфен. Резкая шагрень (1 николю)	Сфен. Конвертообразные кристаллы (1 николю)	Сфен. Замещение лейкоксенном (1 николю)	
					
Сфен. Очень высокие (перламутровые) цвета интерференции (2 николя)				Лейкоксенизированные зерна сфена (1 николю)	
					
Рутил. Очень высокий рельеф, полупрозрачный, яркая красная окраска (1 и 2 николя)			Рутил. Буро-красная окраска, слабая прозрачность (1 николю)	Рутил. Бурая окраска, практически не прозрачен (1 николю)	

0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Рис. 44. Особенности зерен сфена и рутила

4.6. Диагностические признаки и оптические свойства аутигенных минералов

Аутигенные (вторичные, новообразованные) минералы формируются в осадке на месте его захоронения или в породе. Образование аутигенных минералов осуществляется в процессе стадийного литогенеза: седиментогенеза (в результате осаждения из поступивших и сформированных в бассейнах седиментации растворов), диагенеза (за счет перераспределения вещества в уплотняющихся осадках) и катагенеза (за счет замещения и синтеза из растворов, циркулирующих в пласте), вплоть до посткатагенетических преобразований, связанных с поступлением растворов извне (например, под действием углеводородных флюидов или ювенильных растворов).

Состав аутигенных минералов довольно разнообразен: повсеместно распространены карбонаты (сидерит, кальцит, реже доломит), глинистые минералы (каолинит, гидрослюда, хлорит), сульфиды (марказит, пирит), часто отмечаются фосфориты, глауконит, иногда лимонит, лейкоксен, кварц, полевые шпаты и др.

Аутигенные минералы образуются как путем замещения первичных минералов, так и путем самостоятельного осаждения. Аутигенез протекает при определенных геохимических обстановках, поэтому аутигенные минералы могут служить индикаторами условий осадконакопления и последующих изменений осадка и породы. Например:

- фосфориты и глауконит осаждаются в морских условиях;
- биотит в морских водоемах замещается хлоритом и гидрослюдой, в континентальных условиях – каолинитом;
- фосфориты образуются в окислительной среде, пирит – в восстановительной;
- пирит образуется в восстановительной кислой обстановке, кальцит – в восстановительной щелочной и т.д.

В осадочных породах аутигенные минералы образуют конкреции и микроконкреции (стяжения, желваки, глобулы, псевдоморфозы), встречаются в виде тонкой сыпи, оолитов, сферолитов, хорошо и плохо ограненных кристаллов и их сростков, отмечаются в рассеянном состоянии и в скоплениях, образуют пелитоморфные и зернистые агрегаты, замещают обломки, слагают цементы различного типа, заполняют поры и трещины.

Отнесение минералов к разряду аутигенных требует осторожности, так как все перечисленные минеральные виды могут быть также аллотигенными компонентами, т.е. привнесенными в бассейн седиментации и осажденными в нем совместно с другим исходным материалом осадочных пород.

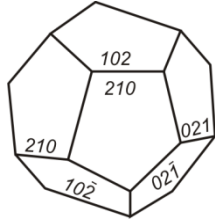
В связи с широким разнообразием аутигенных минералов общих признаков для их диагностики не существует. Определяющим признаком для отнесения минералов к аутигенным является их взаимоотношение с обломочными компонентами, выраженное:


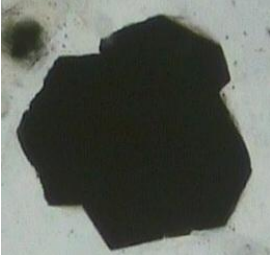
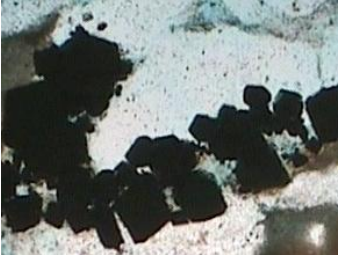
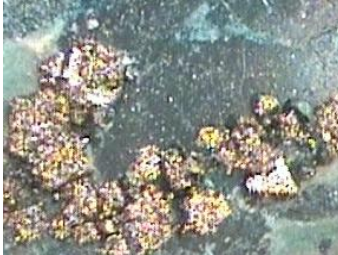
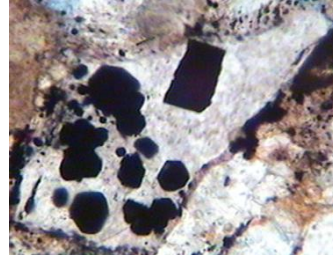

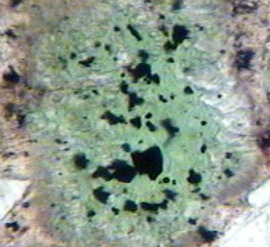
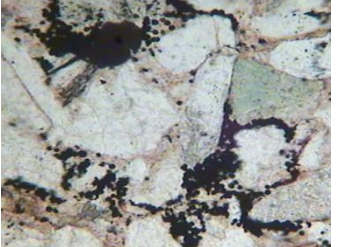
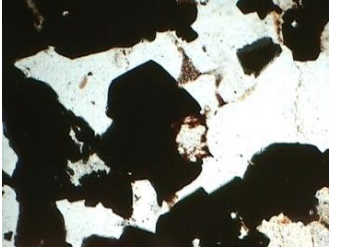
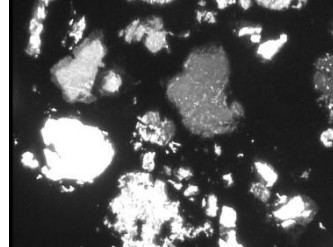




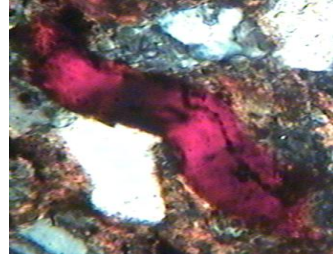
- в приспособлении к конфигурации первичных пор;
- в одновременном развитии в обломках и в цементе;
- в коррозионном характере замещения обломков;
- в повышенной чистоте и часто повышенной степени кристалличности минеральных новообразований, по сравнению с седиментогенными компонентами.

Диагностические признаки и оптические свойства наиболее распространенных аутигенных минералов приведены в табл. 24–25 и на рис. 45–46.

Таблица 24

Оптические свойства аутигенных минералов. Пирит, марказит

Название и формула минерала	Сингония	Свойства при одном никеле			Двойники	Продукты разложения	Диагностические признаки	Происхождение
		Формы ограничения	Прозрачность, окраска в проходящем и отраженном свете	Спайность				
Пирит FeS_2	Кубическая	Кубы, треугольники, пятиугольники, неправильные зерна. Агрегаты – кристаллические сростки, конкреции, друзы, корочки, сыпь, цементы, псевдоморфозы по органическим остаткам	Не прозрачный, черный; в отраженном свете желтый с металлическим блеском, часто с бурыми оксидами железа	Несовершенная по (100) и (111)		Лимонит	Форма зерен, желтая окраска в отраженном свете	Образуется в диагенезе в восстановительной среде в торфяниках, углях, в глинистых илах; в эпигенезе – на водонефтяных контактах.
								
Марказит FeS_2	Ромбическая	Удлиненно-призматические кристаллы с копьевидными концами, таблитчатые кристаллы, конкреции, глобулы, звездчатые и шаровидные образования, сыпь, псевдоморфозы по органическим остаткам; в шаровидных образованиях имеет радиально-лучистое строение	Не прозрачный, черный; в отраженном свете бледно-желтый с металлическим блеском и цветной анизотропией		Простые и полисинтетические	При катагенезе переходит в пирит	Форма зерен, желтая окраска в отраженном свете	

				
Непрозрачные черные изометричные кристаллы (1 николя)	Сростки кристаллов (1 николя)	Правильные кристаллы и изометричные кристаллические зерна (1 николя)	Желтый цвет и металлический блеск (отраженный свет)	Встречается в обломках разного состава (1 николя)
				
Развивается по мусковиту (2 николя)	Развивается по глаукониту (1 николя)	Образует тонкую сыпь в цементе (1 николя)	Кристаллически-зернистый цемент (1 николя)	Базальный цемент (1 николя)
				
Конкреции (1 николя и отраженный свет)	Псевдоморфозы по фаунистическим и растительным остаткам (1 и 2 николя)			

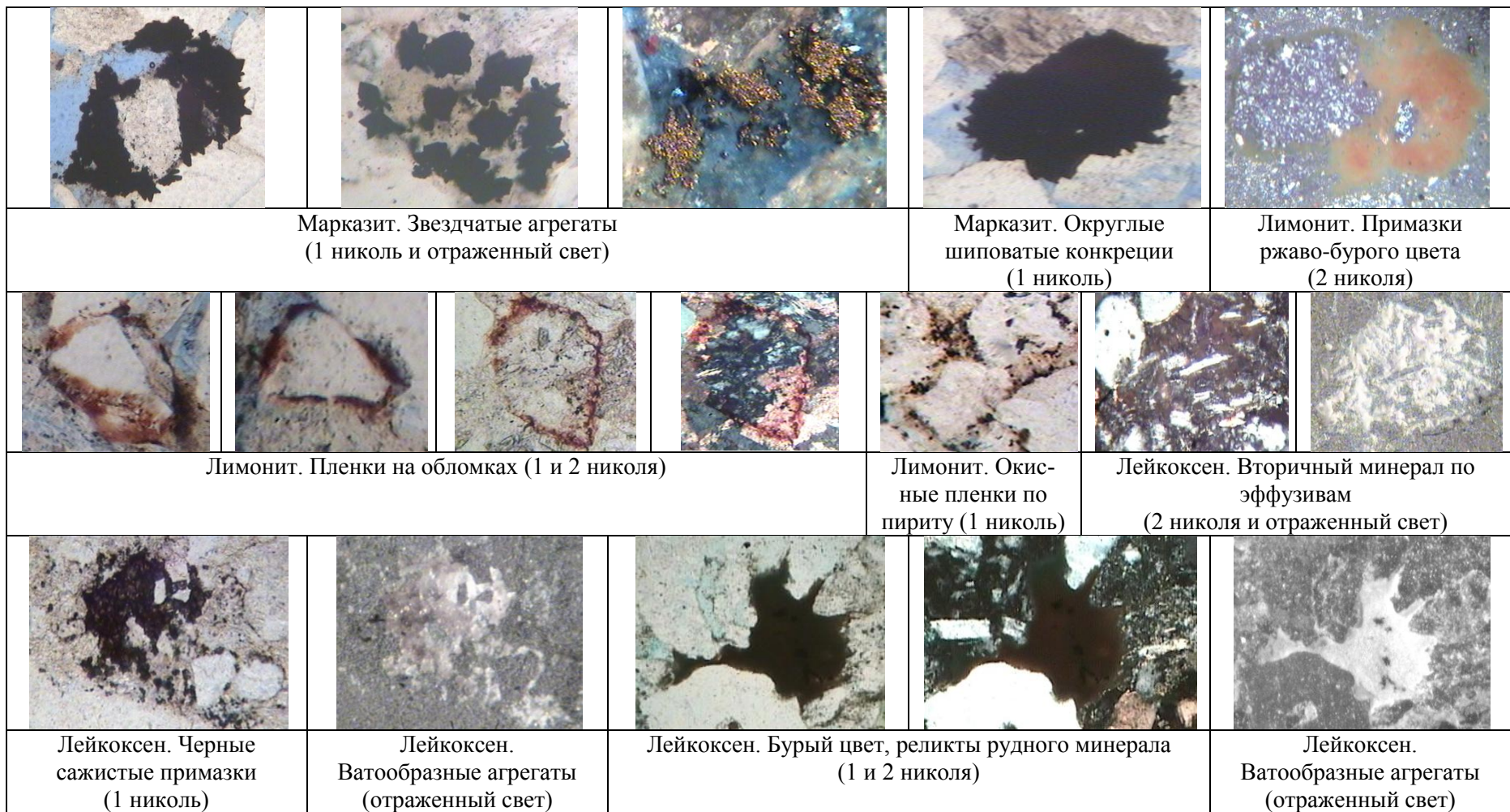
0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Рис. 45. Особенности зерен пирита

Таблица 25

Оптические свойства аутигенных минералов. Лимонит, лейкоксен

Название и формула	Сингония	Свойства при одном никеле			Двойники	Показатель преломления	Продукты разложения	Диагностические признаки	Происхождение
		Формы ограничения	Прозрачность, окраска в проходящем и отраженном свете	Спайность					
Лимонит $\text{FeO} \times \text{OH} \times n\text{H}_2\text{O}$	Аморфный, скрытокристаллический	Землистые агрегаты, оолиты, конкреции, натечные формы; цемент (от контурного до базального), пленки вокруг обломочных зерен, псевдоморфозы по железосодержащим минералам	Почти непрозрачен; в тонких срезах – оранжевый, желтый до бурого; в отраженном свете – бурый, красноватобурый, ржаво-бурый			$n=2,0-2,1$, аномальное двупреломление до 0,040	Нет	Цвет, прозрачность, форма выделений	Продукт разложения железосодержащих минералов
Лейкоксен	Криптокристаллический агрегат сфена, анатаза, рутила, брукита, магнетита	Землистые агрегаты, пленки, рассеянная сыпь, скопления пылеватых зерен, цемент	Слабо просвечивает, грязно-бурый до черного; в отраженном свете – белый, ватовидный				Нет	Цвет, форма выделений, ассоциация с титаномагнетитом и ильменитом	Продукт разложения титаномагнетита, ильменита, сфена



0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Рис. 46. Свойства марказита, лимонита и лейкоксена

4.7. Диагностические признаки и оптические свойства глинистых минералов

К глинистым минералам относятся тонкодисперсные слоистые водные силикаты алюминия: каолинит, гидрослюды (иллит), монтмориллонит, нонтронит и другие. Из-за слоистого строения кристаллической решетки минералы этой группы обладают пластинчатым сложением и встречаются в виде чешуек, листочков, волокон и их агрегатов.

Происхождение глинистых минералов связывается с различными процессами, протекающими в литогенезе. Как продукт разложения алюмосиликатов они образуются в корках выветривания химическим путем; как аллотигенные компоненты – накапливаются в седиментационных бассейнах за счет переноса и переотложения ранее образованных глинистых минералов; как аутигенные – образуются в диагенезе и катагенезе.

Глинистые минералы слагают большую часть осадочных пород. Практически полностью ими сложены глинистые породы (глины, аргиллиты); в том или ином количестве (в мергелях до 50 %) они присутствуют в карбонатных породах; в качестве примеси отмечаются в кремнистых и других породах; а также являются наиболее распространенными цеменстами песчаников и алевролитов.

Глинистые минералы также выполняют полости в ископаемых организмах, образуют псевдоморфозы по растительным остаткам (гидрослюда и каолинит) и раковинам (каолинит).

В корках выветривания они развиваются по алюмосиликатам (плаггиоклазам, калиевым полевым шпатам и др.), часто заполняют трещины и поры.

Вследствие тонкодисперсного сложения и зачастую из-за смешанного состава распознавание глинистых минералов в поляризационном микроскопе в значительной степени затруднено и требует дополнительного изучения с помощью рентгенографии, термического анализа или электронной микроскопии.

Вместе с тем, эти методы исследований не позволяют установить форму нахождения минералов, их взаимоотношения, характер изменения и другие особенности, которые устанавливаются только при визуальном микроскопическом наблюдении.

Достоверная диагностика глинистых минералов под микроскопом возможна лишь в относительно крупных (более 0,01 мм) зернах, и одним из основных критериев, наряду с оптическими свойствами минералов, при диагностике глинистых минералов являются особенности их агрегатов: червеобразные пакеты пластинчатых кристаллов у каолинита; волокнистые и спутанно-волокнистые – у гидрослюды.

Из-за более крупных размеров частиц по оптическим свойствам наиболее распознаваемы под микроскопом каолинит и гидрослюды (иллит).

Общие диагностические признаки и оптические свойства глинистых минералов сводятся к следующему:

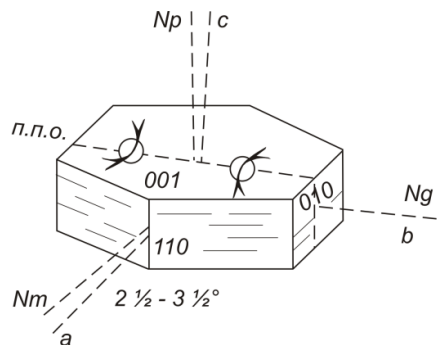
- кристаллизуются в моноклинной сингонии (каолинит может быть триклинным);
- показатели преломления немного больше канадского бальзама (за исключением монтмориллонита и некоторых других);
- обладают спайностью;
- бесцветны или слабо окрашены.

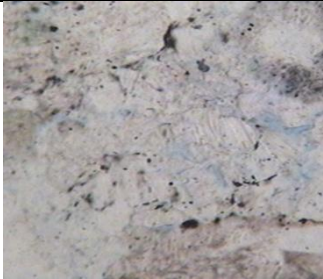
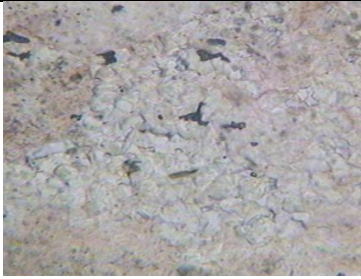


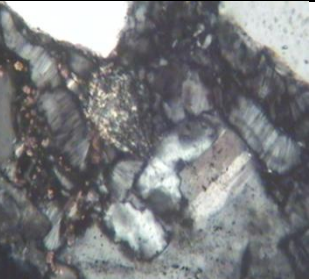
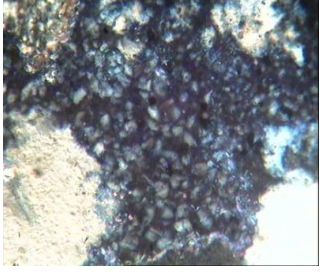

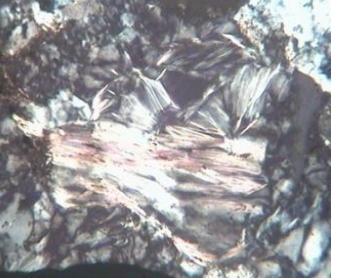

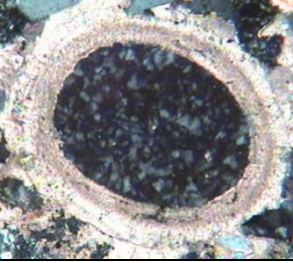
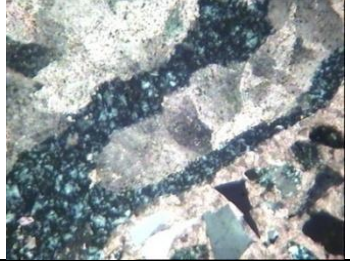

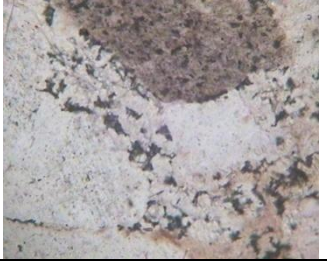
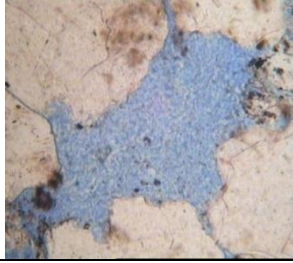
Диагностические признаки и оптические свойства глинистых минералов приведены в табл. 26–27 и на рис. 47–48.

Таблица 26

Оптические свойства глинистых минералов. Каолинит

Название и формула минерала	Сингония	Свойства при одном николе			Свойства при двух николях					Продукты разложения. Включения	Диагностические признаки	
		Формы ограничения, границы, рельеф, шагреневь	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					
Каолинит $Al_4[Si_4O_{10}(OH)_8]$	Триклинная или моноклиная	Червеобразные, веерообразные, пластинчатые, чешуйчатые, тонкочешуйчатые агрегаты в цементе, пустотах, прожилках, псевдоморфозы по органическим остаткам; разрезы ромбовидные и шестиугольные	Прозрачен, бесцветен, иногда слабо желтоватый; рельеф заметный положительный, границы заметные	Весьма совершенная по (001)	Двойники видные срастания	1,560	1,553	0,006-0,007 Низкие серые, в тонкочешуйчатых агрегатах кажется изотропным	Прямое, относительно спайности 1-3°; удлинение положительное (+)	2-осный (-): 2V=42°	Нет; является продуктом разложения слюд, полевых шпатов, вулканического стекла	Форма, рельеф, при 1 николе заметны чешуйки (отличие от халцедона), низкое двупреломление



				
Спайность (1 николь)	Чешуйчатое строение, заметный рельеф (1 николь)	Сереже цвета интерференции (2 николя)	Крупночешуйчатые агрегаты (2 николя)	Червеобразные агрегаты (2 николя)
				
Мелкочешуйчатые агрегаты (2 николя)	Замещение калиевых полевых шпатов (2 николя)	Замещение мусковита (2 николя)		
				
В полости органогенных остатков (2 николя)	Прожилки в породах (2 николя)	Поровый каолинитовый цемент (2 николя)	Микропористость в каолинитовом поровом цементе (1 николь)	

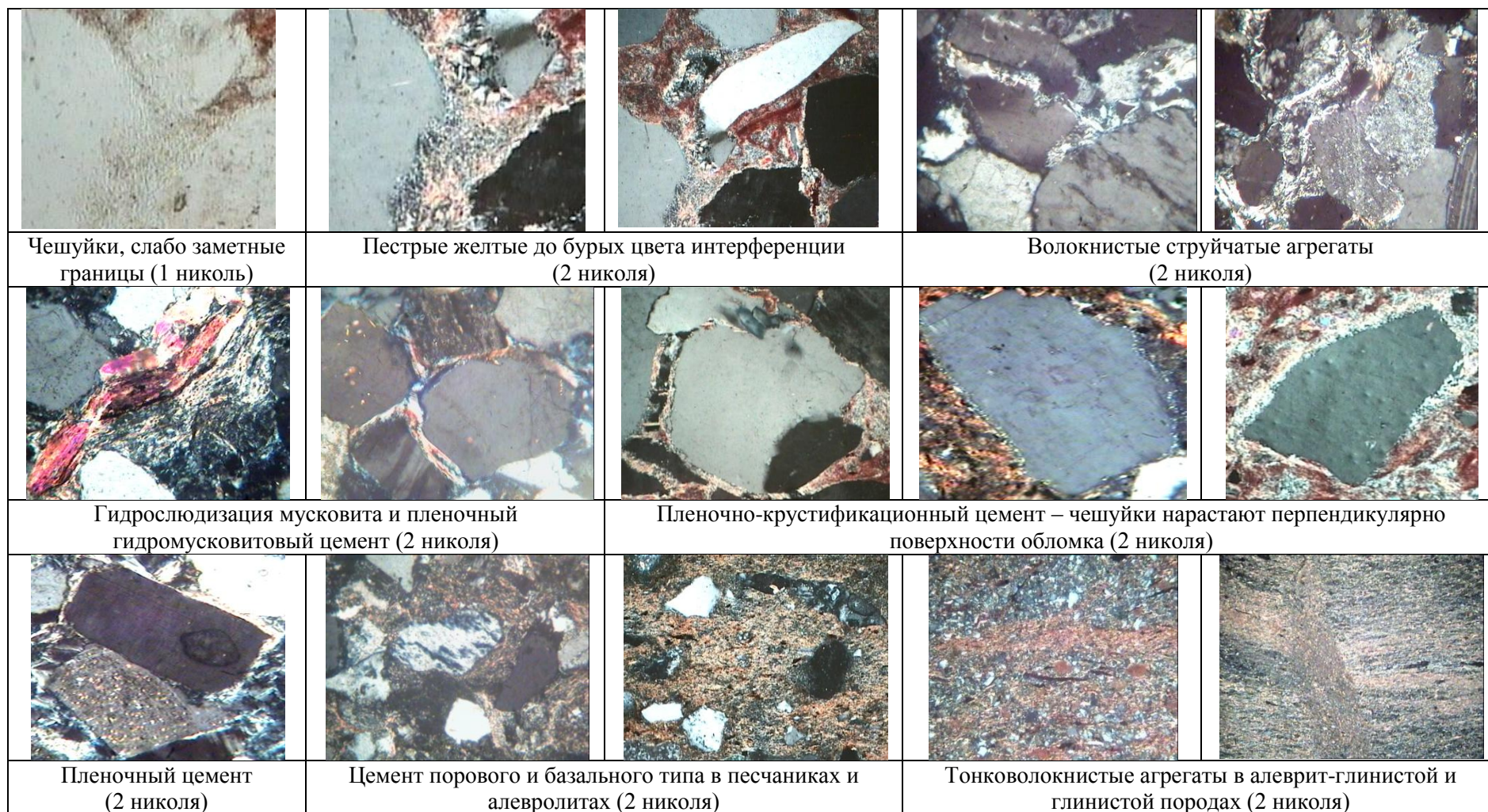
0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Рис. 47. Особенности каолинита

Таблица 27

Оптические свойства глинистых минералов. Гидрослюда

Название и формула минерала	Сингония	Свойства при одном никеле			Свойства при двух николях					Продукты разложения	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					
Гидрослюда (иллит)	Моноклиная	Удлиненные пластинки (длина в 5–7 раз больше ширины), чешуйки, листочки, волокна, пленки, послойные скопления, цемент; границы и рельеф слабо заметный	Бесцветная, бурая, желтобурая, слабый плеохроизм	Совершенная (001)		1,570–1,670	1,545–1,630	0,022–0,050 светлые и пестрые часто от желтых до красных цвета интерференции	Прямое; знак зоны (+)	2-осный (+): $2V < 20^\circ$	Замещает слюды	Форма, высокое двупреломление, погасание



0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Рис. 48. Особенности гидрослюды (иллита)

4.8. Диагностические признаки и оптические свойства карбонатных минералов

Из наиболее распространенных карбонатных минералов – солей угольной кислоты, к которым относятся арагонит – CaCO_3 , кальцит – CaCO_3 , доломит – $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, анкерит – $\text{Ca}(\text{Mg,Fe})[\text{CO}_3]_2$, магнезит – $(\text{Mg,Fe})\text{CO}_3$, сидерит – FeCO_3 , родохрозит MnCO_3 и др. – в породах-коллекторах преимущественно распространены кальцит, доломит и сидерит. В известняках, доломитах и сидеритовых рудах эти минералы являются породообразующими и зачастую слагают их практически полностью. В терригенных породах из карбонатных минералов резко преобладают кальцит и сидерит, а доломит присутствует в виде примеси.

В осадочном процессе карбонаты могут быть первичными и вторичными. Образование первичных карбонатов связано с континентальными (сидерит), прибрежно-морскими (сидерит, анкерит, доломит) и морскими (доломит, арагонит, кальцит) обстановками, где осаждение карбонатного материала осуществляется химическим (сидерит, доломит, кальцит) и биохимическим (кальцит, арагонит) путем. Обломочный карбонатный материал, в том числе органогенного происхождения (раковинный детрит), в бассейнах седиментации слагает карбонатные обломочные породы: известняки и доломиты, реже встречается в терригенных породах. Вторичные (аутигенные) карбонаты образуются в диа- и катагенезе из растворов, циркулирующих в поровом пространстве осадков и пород, а также при наложенных процессах, вызванных поступлением растворов извне. Карбонатные минералы встречаются совместно, иногда замещают друг друга: кальцит замещается доломитом (доломитизация), доломит – кальцитом (дедоломитизация).

В известняках карбонатный материал представлен в основном кальцитом и присутствует в виде органогенных остатков, скрыто- и яснокристаллических агрегатов, оолитов, сферолитов. В доломитах карбонатный материал представлен в основном доломитом в виде скрытокристаллических и зернистых агрегатов, состоящих из зерен неправильной и ромбоэдрической формы. В песчаных породах карбонаты встречаются в виде раковинного детрита (кальцит и сидерит), конкреций и желваковых стяжений (преимущественно сидерит), псевдоморфоз по растительным и животным остаткам, изредка обломков. Чаще всего карбонатные минералы слагают в них цементы различных типов, развиваются по слюдам (кальцит и сидерит) и полевым шпатам (кальцит), выполняют прожилки.

Общими диагностическими признаками минералов являются:

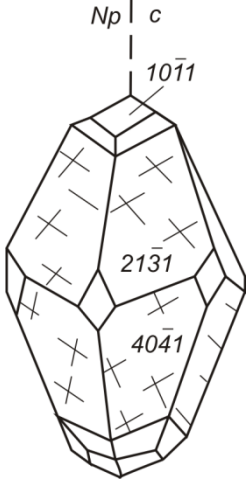
- кристаллизация в тригональной сингонии;
- ярко выраженная псевдоабсорбция;
- спайность по ромбоэдру;
- сильное двупреломление.

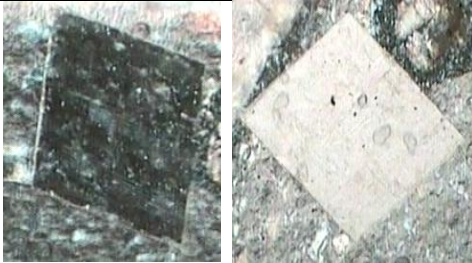



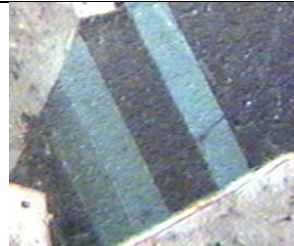

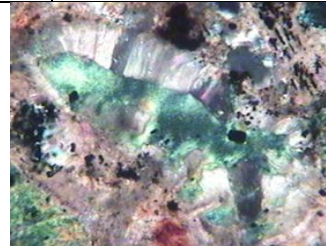

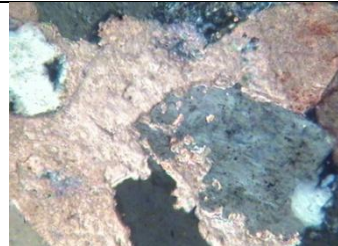
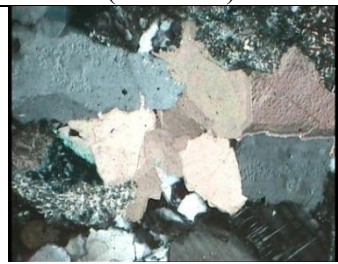



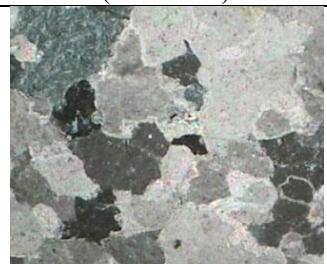
Благодаря этим признакам, распознавание карбонатов в шлифах обычно не вызывает сомнения. Внутри группы разделение карбонатов проводится по их свойствам (табл. 28–30 и на рис. 49–51) и с применением окрашивания ализарином красным, разведенным в соляной кислоте.

Смешивают порошок ализарина красного (0,1 г), соляную кислоту (0,61 мл) и дистиллированную воду (100 мл). Шлиф опускают в полученный раствор на 30–35 секунд, затем промывают и изучают под микроскопом в проходящем неполяризованном свете. Арагонит и кальцит окрашиваются в розовый цвет, доломит, анкерит и сидерит остаются бесцветными. Подробное описание других реакций окрашивания карбонатных минералов приводится Н.В. Логвиненко и Э.И. Сергеевой [17].

Таблица 28

Оптические свойства карбонатных минералов. Кальцит

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 ϵ :Ng, знак зоны, погасание			Осность, оптический знак, угол 2V
						Ng	Np					
Кальцит CaCO_3	Тригональная	Неправильные зерна лапчатой формы; шестоватые агрегаты, сфероиды, оолиты, ромбические и скаленоздрические сечения	Прозрачный; псевдоабсорбция: отчетливые границы, положительный рельеф и шагрень – в одном направлении и слабые границы, слабый отрицательный рельеф – в другом	По ромбоэдру ($10\bar{1}1$), в шлифах – в виде тонких четких линий в одном и двух (под углом $73-75^\circ$) направлениях	Полисинтетические полосчатые, часто перекрещивающиеся	No (Nm) 1,658	Ne (Ng) 1,486	0,172, Очень высокое двупреломление; перламутровые цвета	Погасание не характерно; относительно спайности – косое	1-осный (-), дисперсия сильная	Замещается доломитом	Псевдоабсорбция, высокое двупреломление, перламутровые цвета интерференции, полисинтетические двойники, спайность по ромбоэдру
												

				
Ромбические сечения кристаллов и перламутровые цвета интерференции (2 николя)	Скаленоэдрический кристалл (1 николя)	Весьма совершенная спайность в одном и 2-х (по ромбоэдру) направлениях (1 николя)	Псевдоабсорбция (1 николя)	
				
Параллельные двойники (2 николя)	Перекрещивающиеся двойники (2 николя)	Инкрустация по обломкам (2 николя)	Обломки в терригенных породах (2 николя)	Коррозийный цемент (2 николя)
				
Кристаллически-зернистый цемент (2 николя)	Пойкилитовый цемент (2 николя)	Органогенные остатки (2 николя)	Прожилки (2 николя)	Породообразующий минерал известняков (2 николя)

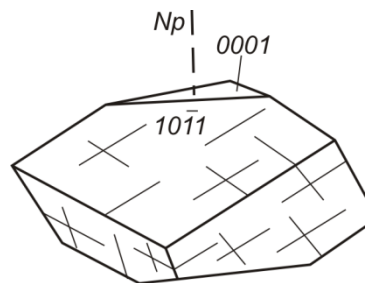
0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм



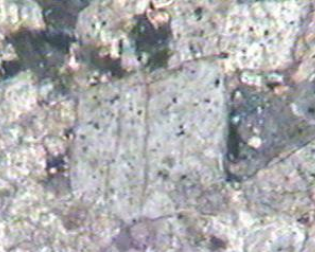

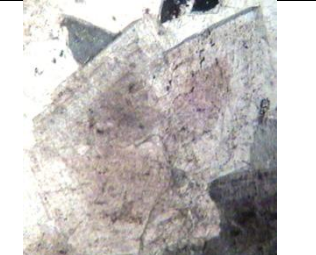

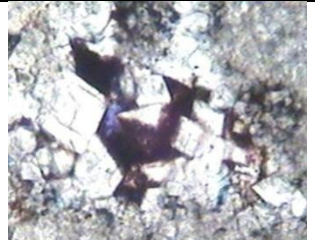



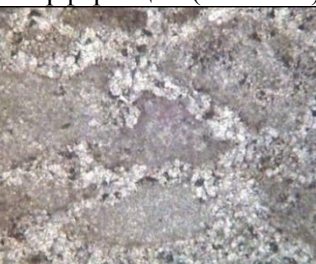
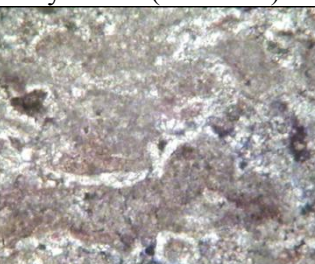
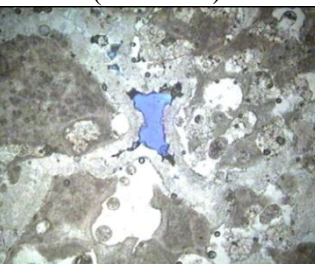
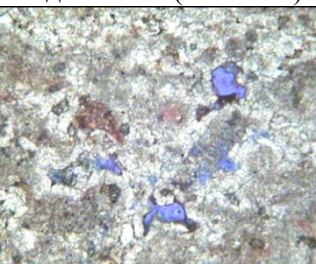
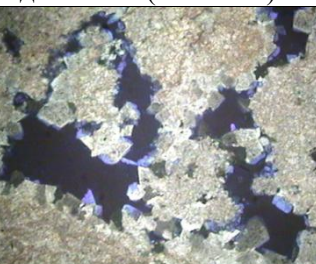
Рис. 49. Особенности кальцита

Таблица 29

Оптические свойства карбонатных минералов. Доломит, анкерит

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
						No	Ne					
Доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, анкерит – $\text{Ca}(\text{Mg,Fe})[\text{CO}_3]_2$	Тригональная	Идиоморфные зерна, ромбические кристаллы, часто с зональным строением	Прозрачные; окраска бесцветная, сероватая из-за сильной псевдоабсорбции	По ромбоэдру ($10\bar{1}1$)	Редки: по короткой диагонали ромба, иногда полисинтетические	1,679–1,703	1,500–1,520	0,178 перламутровые	с:Ng (косое отношение спайности)	1-осный (-); дисперсия сильная	Замещается кальцитом (дедоломитизация)	Псевдоабсорбция, высокое двупреломление, полисинтетические двойники, спайность по ромбоэдру, ромбоэдрические кристаллы
		Очень редки, иногда полисинтетические			1,728–1,741	1,531–1,536	0,197–0,205 перламутровые					



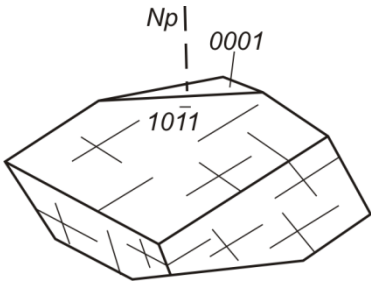
				
Ромбические сечения (1 николя)	Спайность (2 николя)	Спайность (2 николя)	Глинистая примесь (2 николя)	Зональное стрение кристаллов (2 николя)
				
Перламутровые цвета интерференции (2 николя)	Ромбические кристаллы в пустотах (1 николя)	Замещает кальцит (2 николя)	Агрегат ромбических зерен в доломите (1 николя)	Зернистые агрегаты в доломите (2 николя)
				
Цемент в обломочных карбонатах (2 николя)		Натечные зональные агрегаты в пустотах (2 николя)		Инкрустация пор (2 николя)



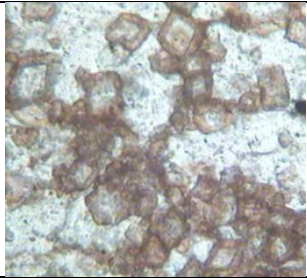
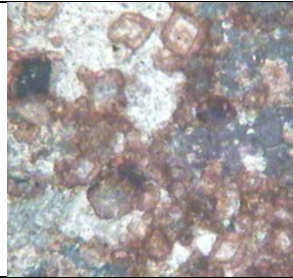
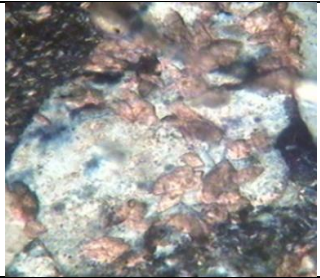

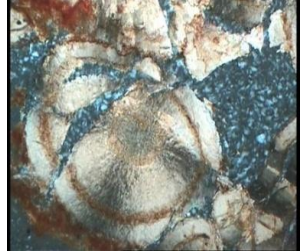



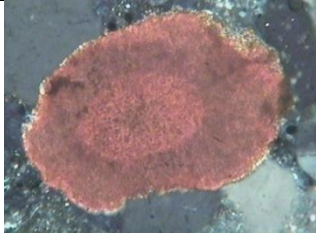


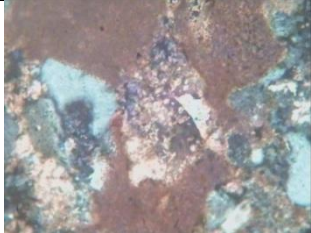

0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Рис. 50. Особенности доломита

Таблица 30

Оптические свойства карбонатных минералов. Сидерит

Название минерала	Сингония	Свойства при одном никеле			Свойства при двух николях					Продукты разложения	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
						No	Ne					
Сидерит Fe[CO ₃]	Тригональная	Ромбоэдры, таблитчатые, призматические зерна; зернистые, оолитовые, сферолитовые (сферосидерит), радиальнолучистые агрегаты	Прозрачный, бесцветный до желтобурого и бурого, возможен слабый плеохроизм	По ромбоэдру (10 $\bar{1}$ 1)	Очень редко	1,851–1,875	1,612–1,633	0,239–0,242, Очень высокие перламутровые цвета интерференции	Прямое, полиагрегатное и сферолитовое	1-осный (-)	Лимонит, гематит	Форма ограничения, окраска, очень высокие цвета интерференции
												

				
Бурый цвет, высокий рельеф (1 николя)	Высокие цвета интерференции (2 николя)	Ромбические сечения зерен (1 и 2 николя)		
				
Плохо и хорошо образованные сферолиты (2 николя)		Скопление мелких оолитов (2 николя)		Оолит (2 николя)
				
Оолит (2 николя)	Контурный цемент (2 николя)	Кристаллический цемент (2 николя)	Пелитоморфный цемент (2 николя)	Псевдоморфозы по органике (2 николя)

0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Рис. 51. Особенности сидерита

4.9. Диагностические признаки и оптические свойства минералов соляных пород

К соляным породам относятся осадочные породы, образующиеся химическим путем при осаждении солей из концентрированных растворов или рассолов. Так как подавляющим механизмом их образования является испарение, то породы называются также эвапоритами.

Наиболее распространены среди них хлориды и сульфаты: каменная соль – галит (NaCl), ангидрит (CaSO_4) и гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Породы образуются при химическом осаждении из рапы в морских и континентальных бассейнах (лагунах и озерах), в которых испарение преобладает над поступлением воды.

В засушливом климате в условиях замкнутых и полузамкнутых морских лагун, соленосные отложения могут переслаиваться с карбонатными, образуя прослои, желваки, жилы и заполняя трещины и пустоты.

Кроме того, в морских бассейнах с повышенной соленостью галит, гипс и ангидрит в доломитах хемогенного и иногда органогенного (водорослевые и стоматолитовые разности) происхождения совместно с доломитом в тех или иных соотношениях слагают основную матрицу породы, как правило, развиваясь между зернами доломита и являясь более поздними образованиями. Иногда в сульфатах отмечаются тневые структуры водорослей и пойкилитовые включения доломита.

Наличие этих минералов во многом определяет коллекторские свойства карбонатных коллекторов.

Каменная соль представляет собой яснозернистые агрегаты. Она образует послойные и линзовидные скопления, заполняет трещины, пустоты.

Гипс – водный сульфат кальция – является самым распространенным в природе минералом группы сульфатов. Он образуется при выпаривании морской воды при температуре ниже 42° или при насыщении водой ангидрита. При этом его объем, по сравнению с первоначальным, увеличивается почти на 30 %.

Ангидрит представляет безводный сульфат кальция. Минерал образуется гидротермальным и осадочным путем (в отличие от гипса, он осаждается при температуре свыше 42°), а также при дегидратации гипса.

В осадочном процессе, ангидрит, как и гипс, наиболее распространен среди соленосных образований, сходен с ним по генезису и условиям залегания. Гипс и ангидрит образуют зернистые тела в виде линз или пластов различной мощности и протяженности, развиваются в виде отдельных кристаллов и их скоплений, слагают послойные скопления, заполняют трещины и пустоты.

В приповерхностных условиях ангидрит обогащается гидратной водой и переходит в гипс. Из-за высокой растворимости гипса и ангидрита и способности этих минералов превращаться друг в друга часто весьма затруднительно установить их первичность или вторичность.

Общие диагностические признаки минералов соляных пород выделить сложно. Тем не менее, галит, гипс и ангидрит объединяет то, что минералы:

- бесцветны при одном никеле (галит может быть окрашен);
- имеют совершенную до весьма совершенной спайность;
- характеризуются наличием двойников.

Оптические свойства минералов приведены в табл. 31–33 и на рис. 52 и 53.

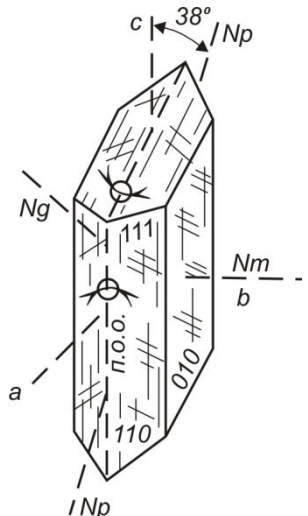
Таблица 31

Оптические свойства минералов соляных пород. Галит

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	Показатель преломления	Ng-Np, цвета интерференции, угол с:Ng, погасание	Осность, оптический знак, угол 2V		
Галит NaCl	Кубическая	Кристаллы в виде куба (нередко зональные), неправильные зерна, дендриты, зернистые и натечные агрегаты; границы слабо заметные; рельеф отсутствует	Прозрачный, бесцветный, реже желтоватый, синий, красноватый; окрашенные различия обладают плеохроизмом	Весьма совершенная (010), совершенная (111) под углом <math><41^\circ</math>	Простые и полисинтетические по (010)	1,544	Изотропный, в толстых пластинках слабое двупреломление	Нет	Продуктов разложения нет, легко растворяется, образует агрегаты с сильвинном	Изотропность, форма ограниченный, спайность

Таблица 32

Оптические свойства минералов соляных пород. Гипс

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 c:Np, знак зоны, погасание			Осьность, оптический знак, угол 2V
						Ng	Np					
Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Моноклиная	Волокнистые, шестоватые, игольчатые (селенит), пластинчатые, зернистые, оолитовые агрегаты. Границы слабоаметные, рельеф слабоотрицательный	Прозрачный, бесцветный	Весьма совершенная (010), совершенная (111) под углом $<41^\circ$	Двойники в виде ласточкина хвоста	1,529–1,531	1,519–1,521	0,010 Низкие (серые, желтые)	c:Np=38° (+) (-)	2-осный (+): 2V=58°	При обезвоживании переходит в ангидрит	Низкий рельеф, осьность, погасание
												





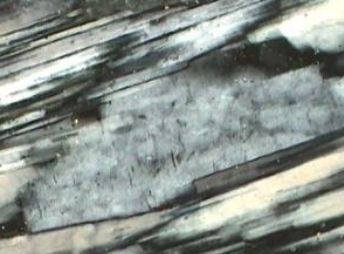
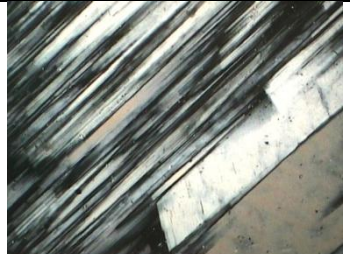
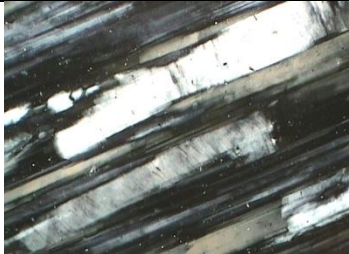
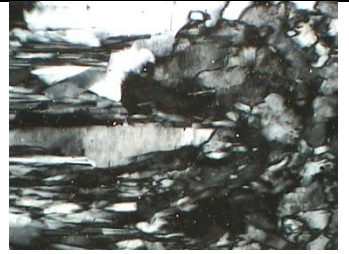
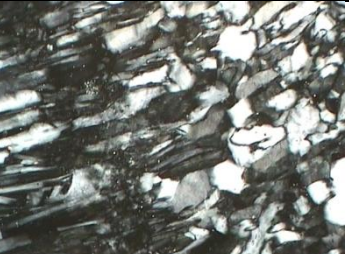
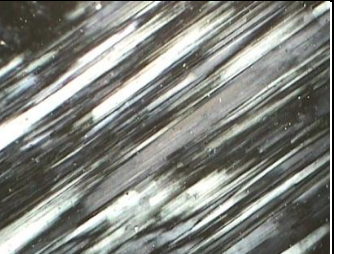
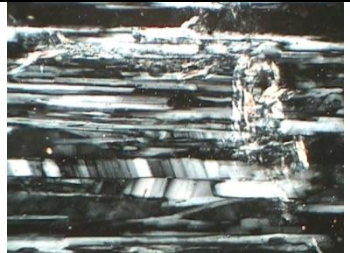
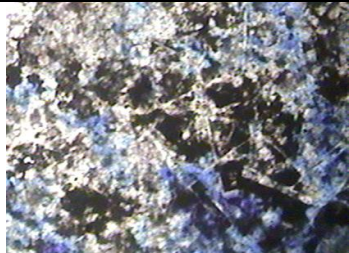
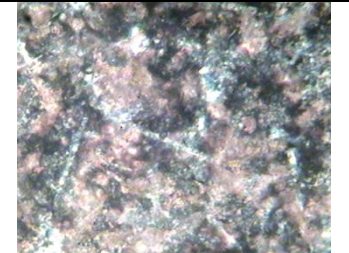

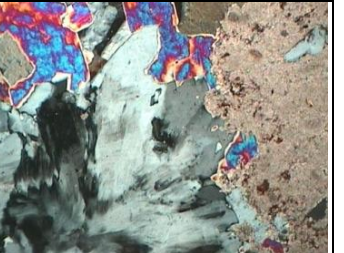
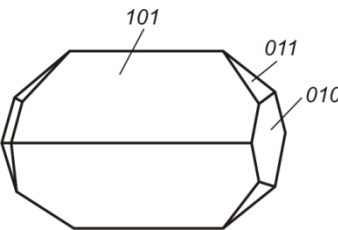
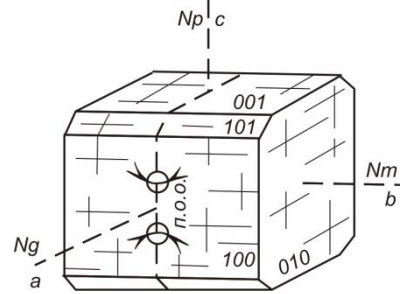

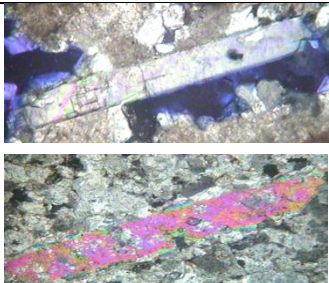

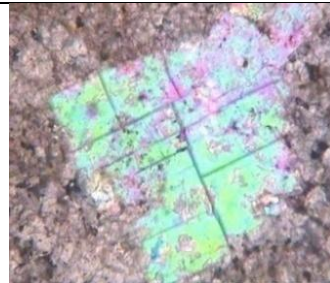
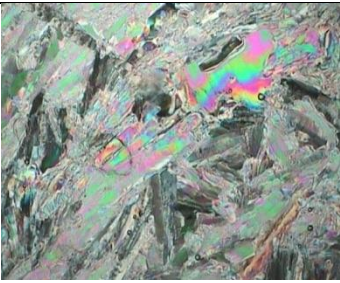
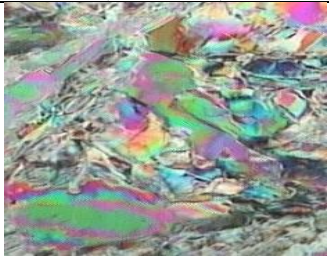
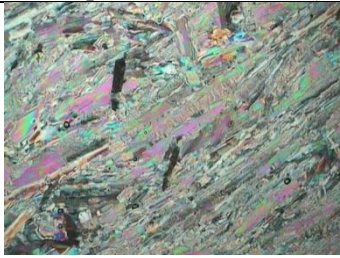
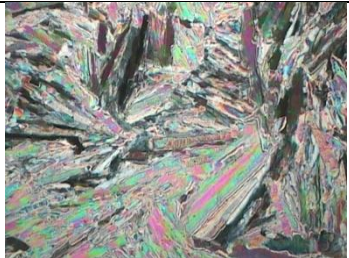
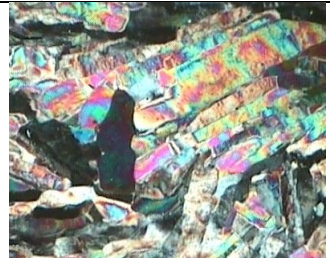
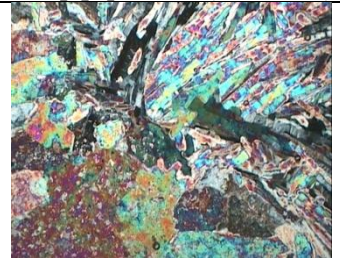
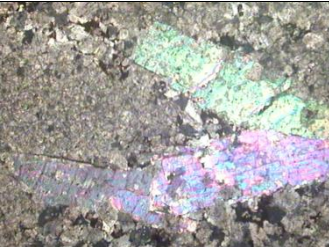
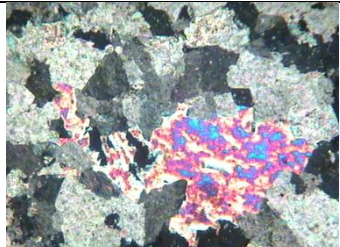
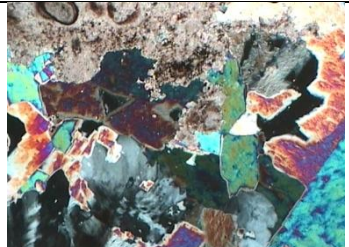
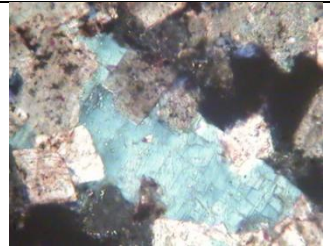
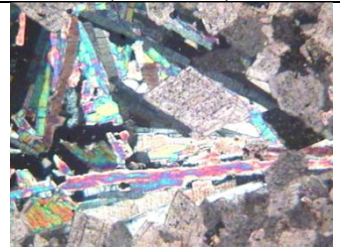
				
Галит в поровом пространстве доломита (1 николь)	Галит. Прозрачен, бесцветен (1 николь)	Гипс. Низкие серые цвета интерференции (2 николя)	Гипс. Призматические зерна (2 николя)	
				
Гипс. Призматические и шестоватые агрегаты (2 николя)	Гипс. Шестоватые и зернистые агрегаты (2 николя)	Гипс. Шестоватые агрегаты (2 николя)		
				
Гипс. Шестоватые агрегаты (2 николя)	Гипс. Игольчатые агрегаты в доломите (1 и 2 николя)	Гипс. Ассоциация с доломитом и ангидритом (2 николя)		

Рис. 52. Особенности галита, гипса и ангидрита

Таблица 33

Оптические свойства минералов соляных пород. Ангидрит

Название и формула минерала	Сингония	Свойства при одном никеле			Свойства при двух никелях					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, погасание			Осность, оптический знак, удлинение
						Ng	Np					
Ангидрит CaSO_4	Ромбическая	Удлиненные призматические, игольчатые кристаллы, неправильные зерна, тонкозернистые, волокнистые, порфиробластовые агрегаты	Бесцветный, псевдоабсорбция	В трех направлениях (001), (010) и (100) под углом 90°	Простые и полисинтетические по 010)	1,609–1,618	1,569–1,574	0,040 Высокие	Погасание прямое	Двуосный (+): $2V=42-44^\circ$	Переходит в гипс	Яркие цвета интерференции (отличие от гипса)
												

				
Бесцветный, низкий рельеф (1 николя)	Призматические кристаллы ангидрита (1 и 2 николя)	Спайность под углом 90° (1 и 2 николя)		Высокие цвета интерференции (2 николя)
				
Неправильные зерна (2 николя)	Волокнистые агрегаты (2 николя)	Сноповидные агрегаты (2 николя)	Пластинчатые агрегаты (2 николя)	Неправильные зерна и волоконистые агрегаты (2 николя)
				
Ангидрит. Призматические и неправильные зерна в доломите (2 николя)		Ассоциация с ангидритом и доломитом (2 николя)		Кристаллические зерна и агрегаты в пустотах доломита (2 николя)

0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Рис. 53. Особенности ангидрита

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