

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 4  
ИЗУЧЕНИЕ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ.  
КЛАССИФИКАЦИИ ТЕРРИГЕННЫХ И КАРБОНАТНЫХ  
ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ

*Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по высшему образованию в области прикладной геологии в качестве 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

## 6. ИЗУЧЕНИЕ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД–КОЛЛЕКТОРОВ

Методика изучения, особенности карбонатных пород и классификации пород и коллекторов излагаются в соответствии с [2, 3, 6, 7, 10, 11, 13, 15, 22, 23, 26–29, 31, 32, 34, 41, 43, 44, 46, 57].

### 6.1. Классификация карбонатных пород

В минералогическом составе карбонатных пород главными породообразующими минералами являются кальцит и доломит. Эти минералы могут присутствовать в породе по отдельности, полностью слагая известняки –  $\text{CaCO}_3$  и доломиты –  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , а также находиться в породах совместно в разных пропорциях.

В карбонатных породах, часто в значительных количествах, присутствует терригенный (глинистый и обломочный), химический (кварц, сульфаты, пирит и др.) и органический (битуминозный) материал.

По соотношению (рис. 70) [3]:

– *кальцита и доломита* к чистым известнякам относятся породы, содержащие  $\text{CaCO}_3$  от 95 до 100 %, к известнякам доломитовым – 75–50 %, к доломитам – 0–5 %, к доломитам известковым – 25–50 %;

– *карбонатного и глинистого материала*, к известнякам (доломитам) относятся породы с содержанием карбонатов в пределах 95–100 %; к глинистым известнякам (доломитам) – 75–95 %, к мергелям (доломитовым мергелям) – 25–75 %, к известковым (доломитовым) глинам – 5–25 %, к глинам – 0–50 %;

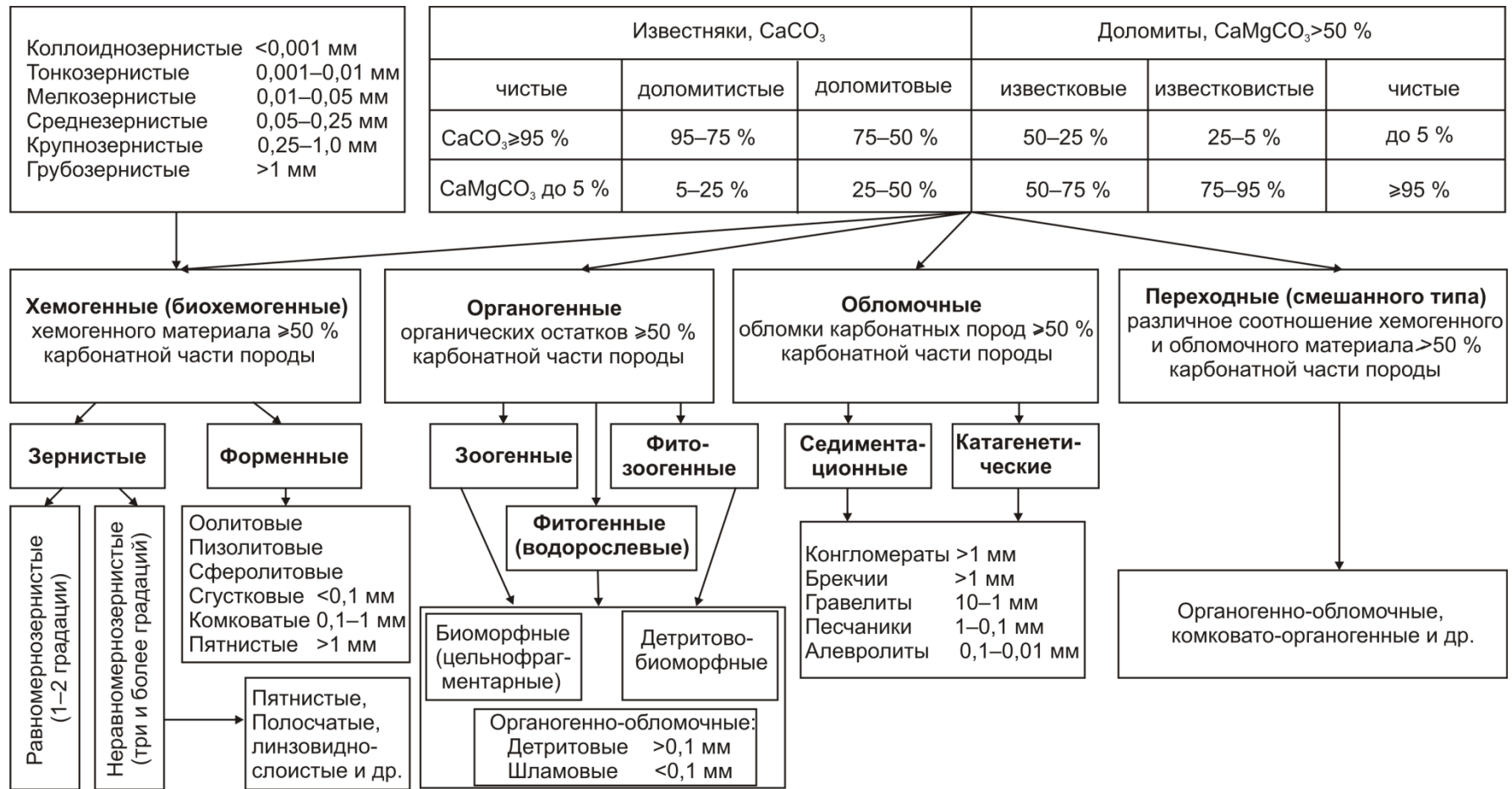


Рис. 70. Классификация карбонатных пород ВНИГРИ [3] с дополнениями авторов

– карбонатного и терригенного материала, к известнякам (доломитам) относятся породы с содержанием карбонатов 95–100 %, к известнякам (доломитам) алевритистым (песчанистым, с гравием или галькой) – 75–95 %, к известнякам (доломитам) алевритовым (песчаным, гравийным, галечным) – 50–75 %.

Породы, содержащие (в сумме) более 50 % терригенного материала, не являются карбонатами; они относятся к обломочным породам (алевролитам, песчаникам, гравелитам, конгломератам): известковым (доломитовым) – 25–50 %; известковистым (доломитистым) – 5–25 %; с примесью карбонатов – 0–5 %.

В отдельных разностях известняков отмечается кварц (рис. 71). Количество его может измеряться в различных пределах (от единичных включений до десятков процентов – в породах сложного кремнисто-карбонатного состава).

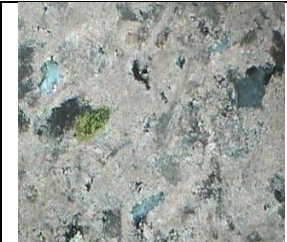




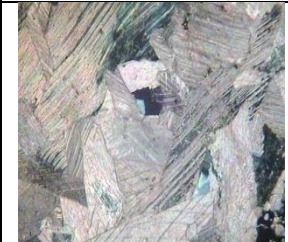
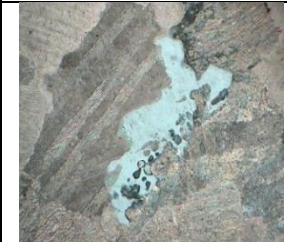





|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
|    |    |                |    |
| Терригенная примесь и хлорит (2 николя)   | Заполняет полости в органогенных остатках (2 николя)                                | Новообразованные кристаллы в матрице известняков (2 николя)                                      |   |
|   |   |               |   |
| Заполняет промежутки между кристаллами кальцита (2 николя)                          |   | Неправильные выделения между зернами кальцита (2 николя)   |   |
|  |  |              |  |
| Кристаллы в пустотках (2 николя)  |   | Одинаковая ориентировка зерен в прожилке и неравномерно-зернистые агрегаты в пустотке (2 николя) |   |

Рис. 71. Формы нахождения кварца в карбонатных породах

Кварц присутствует как терригенная примесь, развивается по органогенным остаткам (выполняя раковины и полости в них), кристаллизуется в виде хорошо образованных кристаллов гексагонального облика, заполняет пустоты между кристаллическими зернами кальцита. Кроме того он широко развивается по трещинам, образуя неравномерно- и равномерно-зернистые микрогранобластовые агрегаты.

По происхождению известняки делятся на три основных группы: хемогенную (биохемогенную), органогенную и обломочную. Чаще всего происхождение пород смешанное и при указании в названии учитывается природа основной ее части, составляющей более 50 %.

**1. Хемогенные карбонатные породы** (известняки и доломиты) образуются в результате физико-химических процессов, протекающих в водоемах в седиментогенезе (например: оолитовые и тонкозернистые карбонаты), и на более поздних стадиях развития породы в диагенезе и катагенезе (например: перекристаллизованные крупнозернистые известняки; доломиты замещения, развитые по известнякам; кальцитизированные доломиты и др.).

По структурным особенностям хемогенные карбонатные породы могут быть зернистыми – сложены кристаллическими зёрнами и форменными – сложены форменными образованиями – стяжениями карбонатного материала, пятнами, комками, сгустками и т.д.


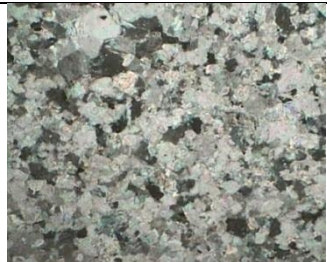
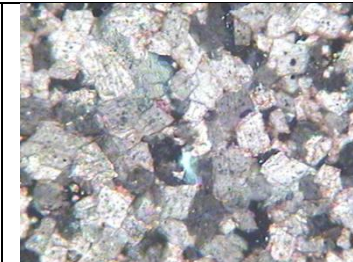

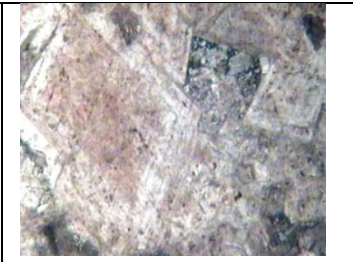


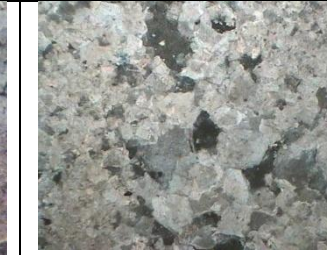
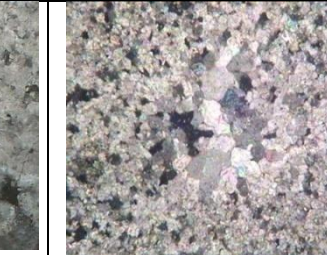

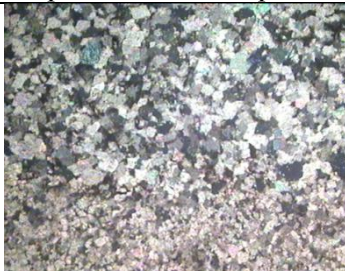
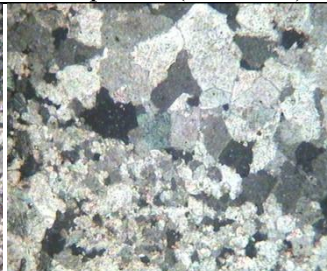


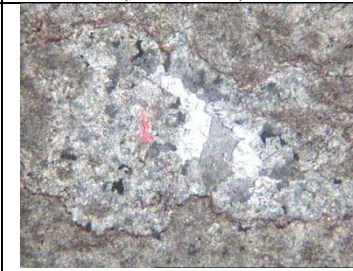
Классификация зернистых пород осуществляется по размеру зёрен (зернистости) и по равномерности раскристаллизации матрицы породы (рис. 72, 73). По классификации ВНИГРИ [3] по размеру кристаллических зёрен среди карбонатных пород выделяют 6 классов – от коллоиднозернистых до грубозернистых – с размером частиц в пределах от менее 0,001 мм до более 1 мм (рис. 70). По равномерности раскристаллизации различают равномернозернистые и неравномернозернистые (полосчатые, пятнистые, линзовидные и т.д.). По другим классификациям пределы и названия классов могут отличаться (табл. 40). Поэтому при описании обязательно пользуются какой-либо одной классификацией и не смешивают понятия из классификаций различных авторов. Например, при описании пород нельзя одновременно употреблять термины «среднезернистый известняк» и «среднекристаллический известняк»; «коллоиднозернистый известняк» и «пелитоморфный известняк» и т.д.

Таблица 40

Определение названия карбонатных пород по степени кристалличности



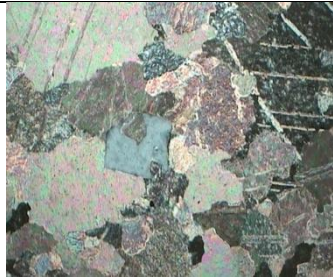
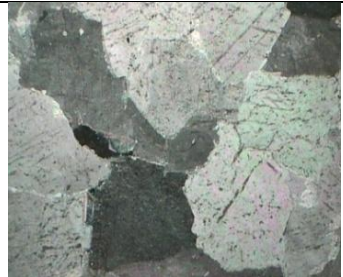

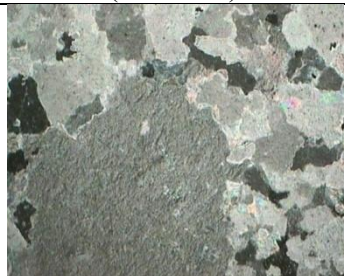
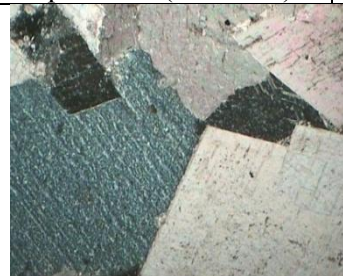


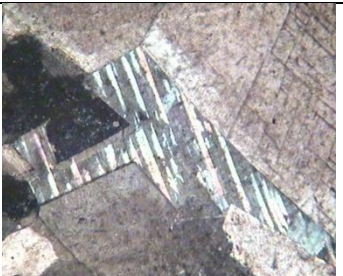

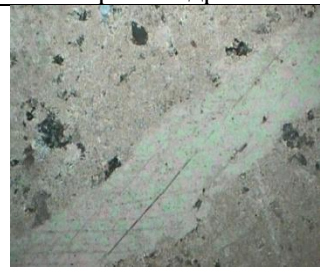
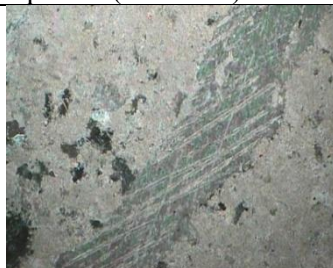

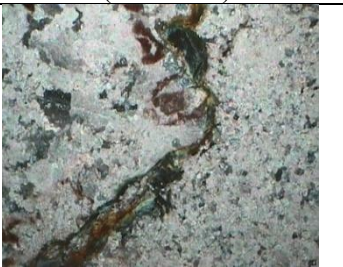
| Название пород      | Название пород (структуры) по размеру кристаллических зёрен | Размер кристаллических зёрен, мм |
|---------------------|---|----------------------------------|
| Известняк (доломит) | крупнокристаллический (крупнозернистый)                     | 0,5–1                            |
| Известняк (доломит) | среднекристаллический (среднезернистый)                     | 0,1–0,5                          |
| Известняк (доломит) | мелкокристаллический (мелкозернистый)                       | 0,05–0,1                         |
| Известняк (доломит) | тонкокристаллический (тонкозернистый)                       | 0,01–0,05                        |
| Известняк (доломит) | микроркристаллический (пелитоморфный)                       | менее 0,01                       |

Если в зернистых породах размер зёрен укладывается в пределы 1–2 градаций, то породы относятся к равномернозернистым.

|  |  |   |  |  |
|--|--|---|--|--|
|       |   |   |   |   |
| Коллоиднозернистый<br>( $<0,001$ мм) (2 николя)  | Тонкозернистый<br>( $0,001-0,01$ мм)<br>(2 николя)                                 | Мелкозернистый<br>( $0,01-0,05$ мм) с кварцем<br>(2 николя)                         | Среднезернистый<br>( $0,05-0,25$ мм) (2 николя)                                      | Крупно-среднезернистый<br>с зональными кристаллами<br>( $>0,25$ мм) (2 николя)       |
|       |   |   |   |   |
| Неравнозернистый с разноразмерными ромбоэдрическими и неправильными зернами (2 николя) |  | Доломит неравнозернистый пятнистый<br>(2 николя)                                    |  | Доломит полосчатый<br>(1 николь)   |
|      |  |  |  |  |
| Доломит неравнозернистый полосчатый<br>(2 николя)                                      |  |   | Доломит неравнозернистый линзовидный<br>(2 николя)                                   |  |

0 0,1 0,2 0,3 0,4 мм

Рис. 72. Хомогенные зернистые доломиты

|  |  |   |  |  |
|--|--|---|--|--|
|   |   |   |   |   |
| Коллоиднозернистый с прожилком кварца (2 николя)                                   | Перекристаллизация до мелкозернистого вблизи прожилка (2 николя)                   | Мелкозернистый (0,05–0,25 мм) с кварцем (2 николя)                                  | Среднезернистый и средне-крупнозернистый с неправильными зернами (2 николя)          |  |
|   |   |   |   |   |
| Мелкозернистый с крупными зернами (2 николя)                                       | Крупнозернистый с геометрически оформленными ромбоэдрическими зернами (2 николя)   | Крупнозернистый с неправильными зернами   | Вторичный в пустотке (2 николя)  |  |
|  |  |  |  |  |
| Глинистый с прожилками кальцита (2 николя)   | Коллоидно-тонкозернистый с прожилками кальцита (2 николя)                          |   | Коллоидно-тонкозернистый с прожилками хлорита (1 и 2 николя)                         |  |

0 0,1 0,2 0,3 0,4 мм

Рис. 73. Хемогенные известняки



Если одновременно присутствует более трех градаций размеров, то породы – неравномернозернистые. Название неравномернозернистых пород может быть сложным (например, средне-мелко-тонкозернистый известняк), как и в песчаниках, преобладающий размер зерен указывается в конце названия.

При классификации карбонатных пород, содержащих форменные элементы, используют как особенности строения форменных образований, так и их размеры (рис. 74). Мелкие (размером менее 0,1 мм) стяжения коллоиднозернистого карбонатного материала различной, чаще всего неправильно-округлой, формы называют сгустками; более крупные (0,1–1 мм) стяжения, состоящие из коллоиднозернистого и тонкозернистого карбоната, называют комками; а стяжения размером более 1 мм относят к пятнам. Образование комков, сгустков, пятен часто связывают с жизнедеятельностью сине-зеленых или сверлящих водорослей, с распадом раковин фораминифер на составляющие их кристаллы и материалом копрогенного происхождения.

Если карбонатные породы сложены форменными образованиями нескольких разновидностей, то им также присваивают сложные названия. Например: в комковато-сгустковых известняках преобладают сгустки; в сгустково-комковатых – комки.

Часто наряду с форменными элементами, в породах присутствуют цельные ископаемые организмы или их обломки (детрит). В этом случае породы также имеют сложное название; например, в шламово-сгустковых известняках преобладают сгустки над мелкими органогенными обломками.

К форменным образованиям хемогенных известняков относятся также сферолиты (сферические кристаллические образования кальцита радиально-лучистого строения); оолиты – концентрически-зональные стяжения в основном карбонатного материала; пизолиты – округлые однородные, радиально-лучистые и концентрически-зональные стяжения карбонатного материала размером более 2 мм.

Иногда концентры в оолитах и пизолитах могут быть сложены арагонитом, хлоритом, кварцем и др. минералами, но в известняках они встречаются очень редко.

**2. Обломочные карбонатные породы** образовались при разрушении известняков и доломитов и состоят из обломков этих пород, цементированных карбонатным цементом (рис. 74). Как и обломочные терригенные породы, по размерам и степени окатанности обломков они могут быть отнесены к:

– *брекчиям карбонатным (известняковым или доломитовым)*, состоящим из неокатанных обломков карбонатных пород (размером более 1 мм) и карбонатного цемента;

– *конгломератам и гравелитам карбонатным (известняковым или доломитовым)*, состоящим из окатанных обломков карбонатных пород (размером более 1 мм) и карбонатного цемента;

– *песчаникам карбонатным (известняковым или доломитовым)*, состоящим из обломков карбонатов (размером 0,1–1 мм), цементированных карбонатным цементом;

– *алевролитам карбонатным (известняковым или доломитовым)*, состоящим из обломков карбонатов (размером 0,01–0,1 мм), цементированных карбонатным цементом.

Отличие обломочных карбонатов от терригенных пород состоит в том, что обломки образуются преимущественно за счет разрушения местных карбонатных пород, и состав цемента также карбонатный.


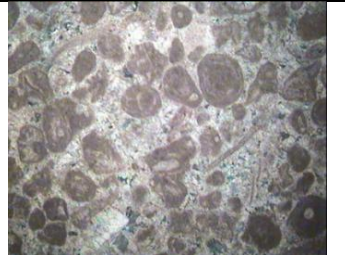
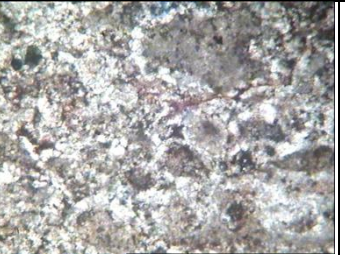
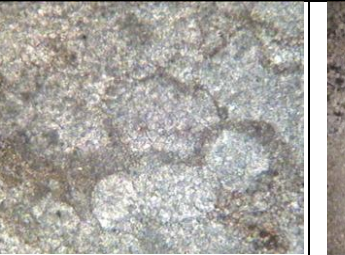




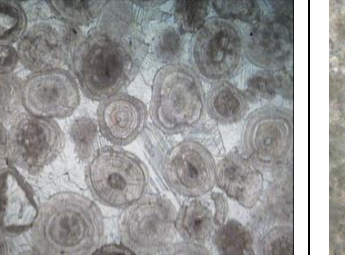

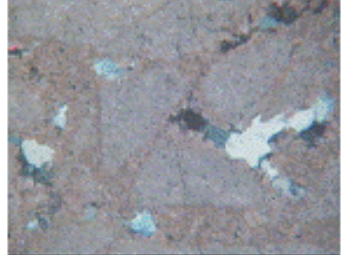


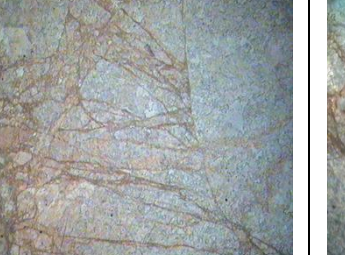

|  |  |   |  |  |
|--|--|---|--|--|
|   |   |   |   |   |
| 0 0,3 0,6 0,9 1,2 мм   | 0 0,3 0,6 0,9 1,2 мм   | 0 0,3 0,6 0,9 1,2 мм  | 0 0,3 0,6 0,9 1,2 мм   | 0 0,3 0,6 0,9 1,2 мм   |
| Доломит сгустковый (<0, 1 мм) (2 николя)   |  | Доломит комковато-сгустковый (2 николя)   |  | Доломит пятнистый (>1 мм) (2 николя)   |
|   |   |   |   |   |
| 0 0,3 0,6 0,9 1,2 мм   |  |   |  |  |
| Известняк пятнистый (2 николя)   | Доломит шламово-сгустковый (2 николя)  | Известняк сферолитовый (2 николя)   | Известняк оолитовый (1 и 2 николя)   |  |
|  |  |  |  |  |
| 0 0,3 0,6 0,9 1,2 мм   |  |   |  |  |
| Известняк обломочный окварцованный (2 николя)                                      | Доломитовый конгломерат и брекчия (1 николя)                                       |   | Известняк брекчированный (1 николя)  | Известняковая брекчия (1 николя)   |

Рис. 74. Форменные и обломочные карбонатные породы

**3. Органогенные породы** более чем на 50 % состоят из скелетных частей организмов. Они представлены в основном известняками; доломиты с органогенной структурой образуются за счет замещения известняков. Среди органогенных известняков выделяют (и отражают в названии) биоморфные, детрито-биоморфные, органогенно-обломочные (органогенно-детритовые).

**Биоморфные** известняки сложены цельными скелетами организмов (рис. 75). Они могут быть сложены раковинами животных организмов – зоогенные породы и остатками растительных организмов (водорослями) – фитогенные породы. Своё название они получают согласно систематическому составу палеонтологических остатков, при этом если:

– в породе остатки организмов принадлежат к одной группе, породы называют соответственно их названию (например: известняки мшанковые, известняки строматолитовые, известняки остракодовые и т.д.);

– присутствует несколько групп, то в названии указываются наиболее распространённые группы (например: известняки пеллециподово-гастроподовые).

**Детрито-биоморфные** известняки состоят из смеси целых (от всех органогенных остатков более 50 %), слабо повреждённых раковин и их детрита.

**Органогенно-обломочные (органогенно-детритовые)** известняки сложены окатанными и неокатанными обломками органогенных остатков.

В зависимости от размера фрагментов они могут быть разделены на:

– *крупнодетритовые* с фрагментами крупнее 1 мм;

– *мелкодетритовые* с фрагментами 1–0,1 мм;

– *шламовые* с фрагментами 0,1–0,01 мм.

Органогенный материал может быть представлен как одной группой организмов, так и несколькими.

В случае присутствия нескольких групп организмов при названии карбонатных пород употребляется термин «*полидетритовые*» (например: полидетритовые известняки); если преобладает какая-нибудь группа организмов, то породы получают соответствующее им двойное название (например: известняки криноидно-полидетритовые).

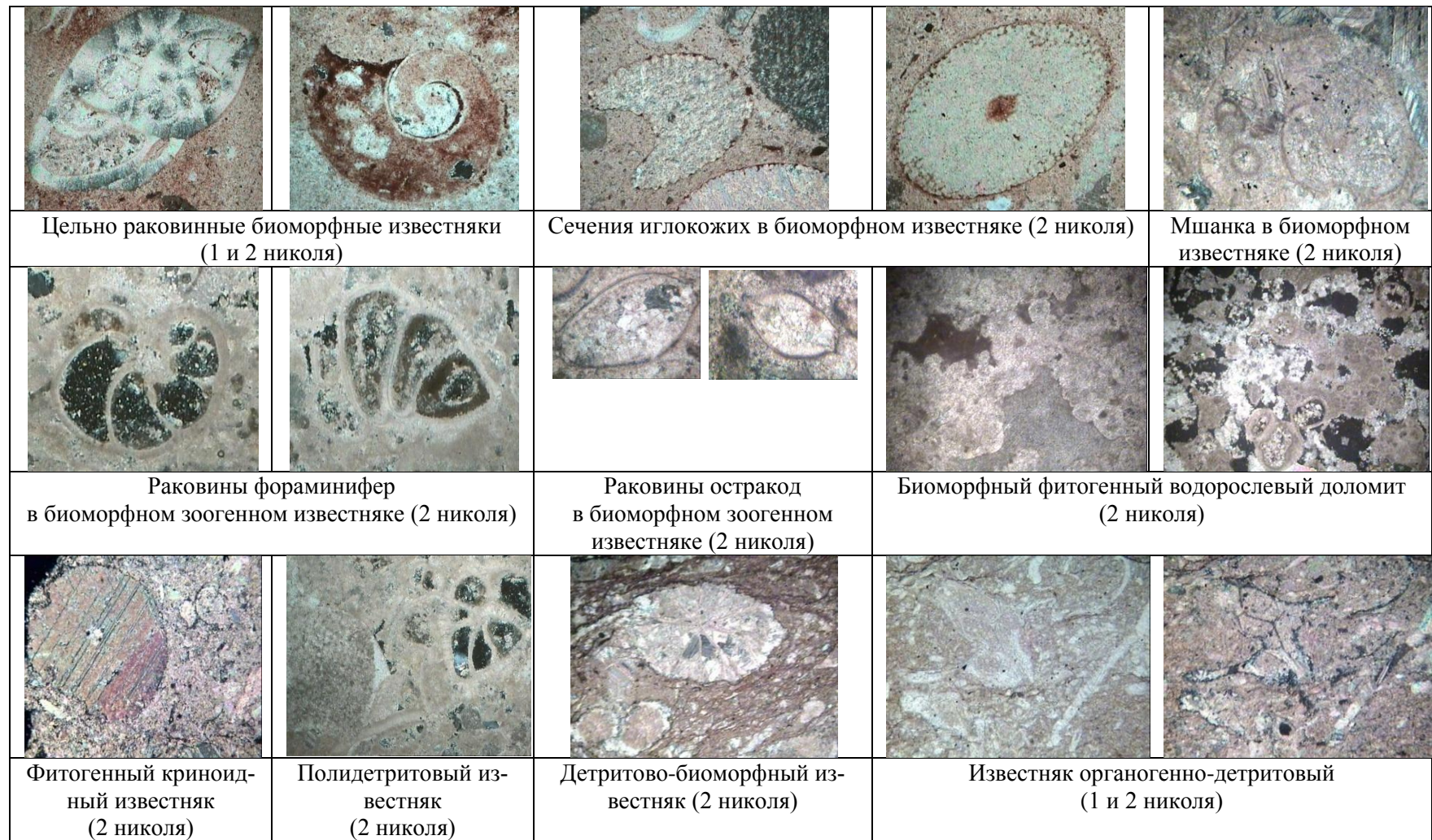
Если присутствует только фрагменты одной группы, название дается согласно с названием организмов (например: известняки брахиоподовые детритовые).

## 6.2. Пустотное пространство карбонатных коллекторов

Пустотно-поровое пространство, сформированное в карбонатных породах, по сравнению с пустотами песчаников отличается большим разнообразием, как по происхождению и распределению в матрице породы, так и по морфологии (рис. 76, 77). Оно образуется на всех стадиях литогенеза и особенно при внестадийных процессах и может быть первичным и вторичным.

Первичные пустоты встречаются преимущественно в породах обломочных (межобломочные поры), оолитовых (межоолитные пустоты), сферолитовых (межсферолитовые пустоты), комковато-сгустковых (межформенные пустоты, развитые между комками и сгустками) и органогенных (межформенные и внутриформенные биопустоты).

Вторичные пустоты формируются в результате перекристаллизации, растворения, растрескивания. К вторичным пустотам относятся межкристаллитные и кавернообразные поры, каверны и трещины.



0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Рис. 75. Биоморфные карбонатные породы

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
| Межобломочные пустоты в карбонатном песчанике (2 николя)                           | Межоолитные изолированные и сообщающиеся пустоты в оолитовом известняке (1 николя) |  | Межформенные пустоты в комковато-сгустковом известняке (2 николя)                  |  |
|  |  |  |  |  |
| Биопустоты в органических остатках в биоморфных известняках (1 и 2 николя)         |  |  | Межформенные и внутрiformенные пустоты в водорослевых доломитах (1 и 2 николя)     |  |
|  |  |  |  |  |
| Пустые и заполненные нефтяным веществом вторичные межкристаллитные поры (1 николя) |  |  | Вторичные межкристаллитные поры при неполном заполнении пустот и трещин (1 николя) |  |

Рис. 76. Типы первичного и вторичного (межкристаллитного) пустотно-порового пространства в карбонатных породах

Вторичное пустотное пространство может носить унаследованный характер и развиваться по первичным порам (наблюдается при растворении), или не согласовываться с ним (например, при трещинообразовании).

*Межкристаллитные поры* образуются при перекристаллизации основной матрицы породы и при заполнении пустот кристаллизующимися на их стенках и нарастающими навстречу друг другу минералами (доломитом, кальцитом, сульфатами и т.д.). Морфология межкристаллитных пор геометрически оформленная (треугольная, полигональная и др.), размеры от долей до 1–2 мм.

*Кавернообразные поры* – представлены мелкими (размером менее 2 мм) пустотами растворения. Они развиваются по межкристаллитным порам, по мелким трещинкам и ослабленным зонам за счет растворов, привнесенных извне.

*Каверны* образуются в результате химического растворения кальцита известняков, а также благодаря процессам доломитизации, сопровождаемым выносом растворенных компонентов. Они могут располагаться в породе беспорядочно или согласно слоистости.

В шлифах встречаются в основном мелкие каверны (2–20 мм). Морфология их неправильная с извилистыми заливообразными и зигзагообразными (при инкрустации) ограничениями (рис. 77). На стенках каверн могут нарастать натечные корочки карбонатного материала (реже карбонатного и кремнистого и др.) и кристаллические зерна кальцита, доломита, иногда кварца.

Каверны могут быть пустыми, частично или полностью заполненными более поздними минералами.

К характеристикам каверн относятся: равномерность распределения в матрице породы, морфология, размеры, структура и степень минерального заполнения, процентное содержание по отношению к объему породы в целом.

*Трещины* образуются в породах на стадии диагенеза, катагенеза и на любых этапах литогенеза при тектонической активности.

Диагенетические и катагенетические трещины, как правило, залечиваются кальцитом и другими минералами и, если не подновляются последующими процессами (растворением, растрескиванием и т.д.), в формировании пустотности карбонатных пород не участвуют.

Из трещин катагенетического уплотнения наиболее выражены в карбонатных породах *стилолиты* или *микростилолиты* (микростилолитовые поверхности, выступы, швы). Они образуются в результате уплотнения, сопровождающегося частичным растворением. Как следствие этого взаимодействия, стилолитовые швы имеют зубчатый (зубчатые стилолиты) и извилистый (бугорчатые стилолиты) характер (рис. 78), развиваются на границе слоев и внутри них, ориентированы вдоль наслоения, ветвятся, пересекаются, срезают друг друга.

Микростилолитовые швы заполнены глинисто-органическим материалом. Вдоль их поверхности иногда отмечается перекристаллизация, растворение, минерализация (новообразования представлены пиритом, доломитом, сульфатами и другими минералами).

Зубчатые микростилолиты имеют мелкие шиповатые выступы треугольной и конусовидной формы, а сам шов представляет изрезанную ломаную линию.

Бугорчатые микростилолиты отличаются отсутствием шипов и плавными границами выступов, шов имеет волнообразный характер.


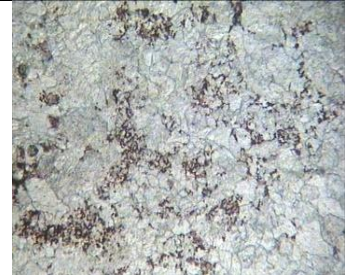




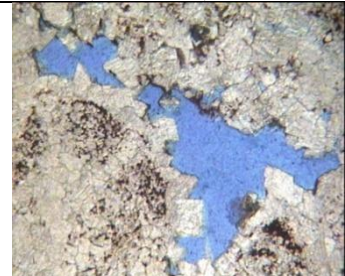
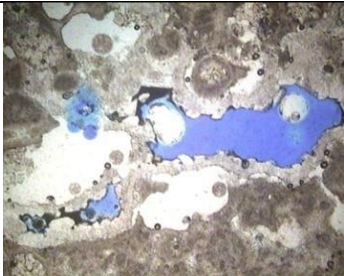
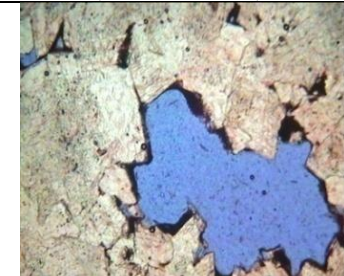






|  |   |   |  |  |
|--|---|---|--|--|
|   |                |   |   |   |
| Кавернообразные поры в доломите заполнены органическим веществом (1 николь)        |   | Послойные сообщающиеся каверны (1 и 2 николя)                                       |  |  |
|   |                |   |   |   |
| Каверны с заливообразными ограничениями (1 николь)                                 | Каверны зигзагообразной (инкрустация доломитом) и округлой (натечные корочки) формой (1 николь) |   | Каверны с битумом (1 и 2 николя)   |  |
|  |               |  |  |  |
| Раскрытые трещины с битумом (1 и 2 николя)   |   | Трещинные пустые поры (1 николь)  | Отсутствие пористости. Залечивание трещин кальцитом (2 николя)                       |  |

Рис. 77. Типы вторичного пустотно-порового пространства в карбонатных породах




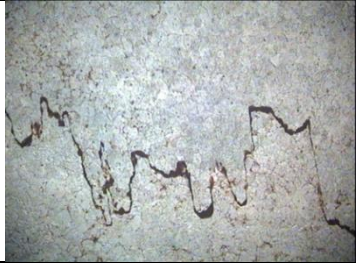


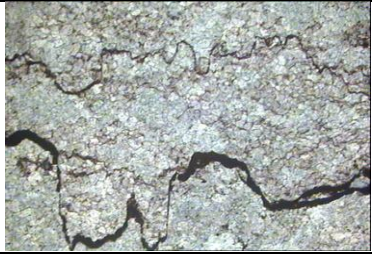




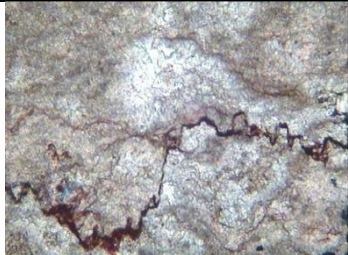


|   |   |   |
|---|---|---|
|    |    |    |
| Зубчатый микростилолит  | Бугорчатый микростилолит  |   |
|    |    |    |
| Столбчатый микростилолит  | Зубчато-столбчатый микростилолит  | Бугорчато-столбчатый микростилолит  |
|   |  |   |
| Бугорчатый разноамплитудный микростилолит   | Ветвящиеся малоамплитудные микростилолитовые швы                                    |   |
|  |  |  |
| Выдержанные и прерывистые микростилолиты  | Органическое вещество в бугорчатом микростилолите                                   | Органическое вещество в бугорчато-столбчатом микростилолите                           |
|  |  |  |
| Перекристаллизация вдоль стилолитового шва  | Сульфатизация вдоль стилолитового шва   | Растворение вдоль стилолитового шва   |

Рис. 78. Микростилолиты и преобразование породы вблизи них



Различают также столбчатые микростилолиты. Шиповатые выступы в них имеют форму столбиков или усеченных конусов с плоской вершиной, а линия шва резко дифференцирована и может быть зубчатой (зубчато-столбчатые стилолиты) или бугорчатой (бугорчато-столбчатые стилолиты). Ширина глинисто-органического заполнителя на плоской поверхности столбиков возрастает. Амплитуда выступов в шлифах колеблется от менее 0,01 до 0,5 мм и более.

*Тектонические трещины* имеют прямолинейный и слабоизвилистый характер. Они могут образовываться одновременно и в разное время. В последнем случае трещины относятся к разным генерациям и могут развиваться по более ранним трещинам или пересекаться под разными углами.

К характеристикам трещин относятся: направление, угол падения, морфология, распределение в пространстве (параллельные, пересекающиеся), длина, раскрытость, густота (одиночные, редкие, частые), интенсивность трещинообразования. При заполнении трещин минеральным или органическим веществом указывается степень (полное или частичное) и характер заполнения (структура и морфология кристаллов, положение кристаллических зерен относительно направления трещины и ее стенок, зональность и др.) и минеральный состав (кальцит, кварц, пирит и др.). Первые из этих параметров помогают установить историю формирования трещинного пространства, три последних характеризуют качество трещинных коллекторов, определяя их трещинную пористость и проницаемость.

*Направление трещин* определяется их ориентацией в пространстве (горизонтальные, наклонные, вертикальные), относительно наложения породы (согласное со слоистостью, поперек слоистости, под углом к слоистости и т.д.) и к структурным формам (продольные, поперечные, радиальные). При наклонном расположении одиночных трещин измеряют их угол падения (в шлифах обычно по отношению к слоистости), по которому выделяют горизонтальные (0–5°), пологие (5–20°), слабо-наклонные (20–45°), крутые (45–80°) и вертикальные (80–90°) трещины.

*Морфология трещин* подразумевает: степень ее извилистости (линейная, слабо извилистая, сильно извилистая с плавными изгибами, зигзагообразная и т.д.); ветвление (не ветвящаяся, слабо ветвящаяся, сильно ветвящаяся) и характер поверхности стенок (неровные, гладкие, волнистые и т.д.).

*Длина (протяженность) трещин* измеряется по линейке окуляра (в мм, см). В шлифах прослеживаются фрагменты сквозных трещин (протягиваются через весь шлиф). Затухающие трещины – очень короткие, заканчивающиеся в пределах шлифа присутствуют как полностью, так и частично.

По *степени раскрытости* трещины могут быть закрытыми, частично открытыми и полностью открытыми (открытыми). К закрытым трещинам относятся трещины с сомкнутыми стенками или полностью заполненные минеральным веществом – прожилки. Минеральное заполнение трещин может быть представлено кальцитом, кварцем, пиритом, хлоритом и др. К открытым относятся трещины, заполненные газом, водой, нефтью. Расстояние по перпендикуляру между стенками открытых трещин характеризует их ширину или раскрытость. Она измеряется в миллиметрах или микрометрах. Согласно К.И. Багринцевой [3], они подразделяются на очень узкие (0,001–0,01 мм), узкие (0,01–0,05 мм), широкие (0,05–0,1 мм), очень широкие (0,1–0,5 мм) и макротрещины (> 0,5 мм), по Е.М. Смехову [57] – на микро-трещины (<0,1 мм) и макротрещины (>0,1 мм).

К частично открытым относятся трещины, заполненные перетертым материалом вмещающих пород, не полностью *минерализованные* трещины и трещины с

битумом. Если вещество заполняет трещины с образованием неровных поверхностей, то при характеристике раскрытости указывают пределы ее изменения.

Под *густотой трещин* понимается число трещин, приходящееся на единицу длины нормали к плоскостям этих трещин. Густота трещин измеряется в 1/м и вычисляется по формуле:

$$\Gamma = \Delta n / \Delta L,$$

где  $\Delta n$  – число трещин, пересекающих линию длиной  $\Delta L$ , перпендикулярную к направлению их простирания.

*Интенсивность трещиноватости* определяется общим количеством трещин, развитых в породе, и зависит от ее состава, степени метаморфизма и структурных особенностей залегания пласта. Она оценивается объемной плотностью трещин ( $T$ ), являющейся общим критерием степени растресканности породы и поверхностной плотностью трещин ( $\Pi$ ):

$$T = S/V$$

$$\Pi = L/F$$

где:  $S$  – суммарная площадь продольного сечения всех трещин, секущих объем  $V$  породы;

$L$  – суммарная длина срезов всех трещин, пересекаемых поверхностью площади  $F$ .

Объективным критерием интенсивности трещиноватости величина  $\Pi$  будет только в том случае, если трещины перпендикулярны к плоскости сечения.

Сводная классификация пустот, по М.К. Калинко, приведена в табл. 41.

Таблица 41

Тип пустот по размерам (по М.К. Калинко) [10]

| Размеры, мм  | Морфология пустот |                |                      |                             |              |
|--------------|-------------------|----------------|----------------------|-----------------------------|--------------|
|              | Тип пор и каверн  | Тип каналов    | Тип трещин           | Раскрытость, мм             |              |
| <0,0002      | Поры              | Субкапиллярные | Субкапиллярные       | Субкапиллярные              | <0,0002      |
| 0,0002–0,001 |                   | Микропоры      | Микропоровые         | Микротрещины                | 0,0002–0,001 |
| 0,001–0,01   |                   | Тонкие         | Тонкопоровые         | Волосяные                   | 0,001–0,01   |
| 0,01–0,1     |                   | Очень мелкие   | Очень мелкопоровые   | Тонкие                      | 0,01–0,05    |
| 0,1–0,25     |                   | Мелкие         | Мелкопоровые         | Очень мелкие                | 0,05–0,1     |
| 0,25–0,5     |                   | Средние        | Среднепоровые        | Средние                     | 0,1–0,5      |
| 0,5–1        |                   | Крупные        | Крупнопоровые        | Крупные                     | 0,5–1,0      |
| 1–2          |                   | Грубые         | Грубопоровые         | Грубые                      | 1,0–2,0      |
| 2–20         | Каверны           | Мелкие         | Мелкокаверновые      | Макротрещины                | 2–5          |
|              |                   |                | Широкие макротрещины | 5–20                        |              |
| 20–100       |                   | Средние        | Среднекаверновые     | Весьма широкие макротрещины | 20–50        |
| 100–200      |                   | Крупные        | Крупнокаверновые     |                             |              |
| >200         |                   | Пещеры         | –                    | –                           | –            |

### **6.3. Признаки нефтеносности в карбонатных коллекторах**

Распределение нефти в карбонатных породах, так же как и в терригенных коллекторах, контролируется морфологией пустот, размерами и степенью их сообщаемости. Вместе с тем имеются существенные отличия. Терригенные и карбонатные коллекторы отличаются типом пустот, их размерами и локализацией в породе. В карбонатных породах преимущественным типом пустот являются каверны и трещины (по сравнению с порами в терригенных породах); пустоты имеют значительно большие размеры, чем в песчаниках и алевролитах; распределены они более неравномерно: даже в пределах одного образца они часто представлены сочетанием мелких и очень крупных пор или сочетанием пористых и непористых (трещиноватых и не нарушенных) участков; степень сообщаемости пустот, благодаря процессам растворения и трещиноватости, также зачастую повышенная.

Особенности распределения нефти и битума в карбонатных породах приведены на рис. 79.

### **6.4. Описание карбонатных пород-коллекторов в шлифах**

Описание карбонатных пород-коллекторов проводят в той же последовательности, что и описание терригенных пород: указывают название, характеризуют текстуру, структуру пород, их состав, дают подробную характеристику органогенным остаткам, пустотно-поровому пространству и признакам нефтеносности. Пример описания карбонатной породы приведен ниже.

***Скважина Ледовая 2. Шлиф № 4764, глубина отбора 1713,33 м  
Доломит средне-мелкозернистый сгустково-комковато-водорослевый, микро-стилолитовый, пористый, нефтенасыщенный***

Текстура породы неотчетливо микрослоистая, микростилолитовая. Слоистость тонкая, прерывистая с неотчетливыми границами слоев, выражена в одинаковой ориентировке комков и сгустков, встречающихся в породе, послойно проявленной раскристаллизацией материала и совпадающей с этим направлением распределением трещин катагенетического уплотнения – микростилолитовых бугорчато-столбчатых швов.

Структура породы органогенная, комковато-сгустковая, неравномерно полосчато-зернистая. Порода сложена перекристаллизованными остатками синезеленых водорослей, составляющих около 55 % площади шлифа, между которыми отмечаются послойно уплощенные комки и сгустки, сложенные коллоидно- и тонкозернистым (до 0,005 мм) доломитом. Количество форменных образований не превышает 25 %, размер их от 0,05 до 0,5 мм.

Пространство между органогенными остатками и форменными образованиями заполнено неравномернозернистым тонко-среднезернистым (от 0,009 до 0,20 мм, преобладают 0,05 мм) агрегатом неправильных, округлых и ромбических зерен доломита, пятнисто и послойно перекристаллизована до среднезернистой.

Реже встречаются скопления и сростки (из 2–6 зерен), пойкилитовые прорастания разно ориентированных кристаллических зерен сульфатов. Иногда сульфатные индивиды по краям включают кристаллы доломита.


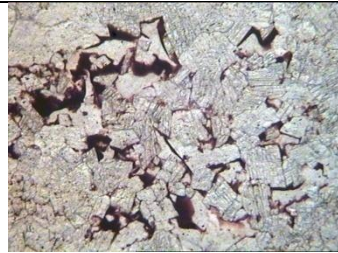
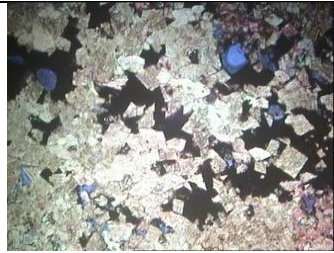


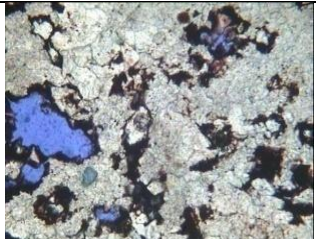
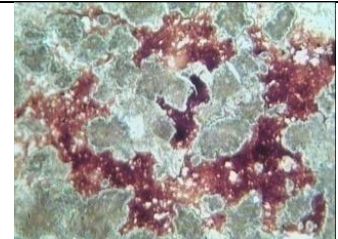
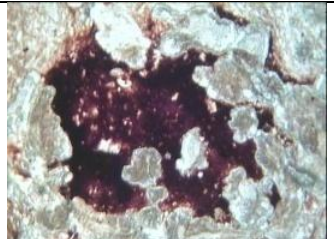



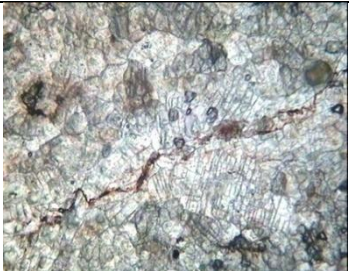

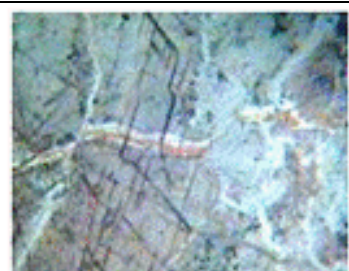

|  |  |   |  |  |
|--|--|---|--|--|
|   |   |   |   |   |
| Нефтяное вещество в межкристаллитных порах (1 николь)                              |  | Битум в межкристаллитных порах (1 николь)   |  | Нефтяное вещество в кавернообразных порах (1 николь)                                 |
|   |   |   |   |   |
| Битум кавернообразных порах (1 николь)   | Нефть в кавернах (1 николь)  |   | Битум в кавернах (1 николь)  |  |
|  |  |  |  |  |
| Окисленное нефтяное вещество в трещинной каверне (1 николь)                        | Нефтяное вещество в трещинах (1 и 2 николя)  |   |  | Окисленное нефтяное вещество в трещине (1 николь)                                    |

Рис. 79. Особенности распределения нефти и битума в карбонатных породах

Трещины в основном закрытые, заполненные бурым органическим веществом, ориентированы вдоль наслоения в породе, извилистые, ветвящиеся, закрытые, часто образуют системы из переплетающихся тонких трещин. Вдоль этих трещин развиты единичные и в скоплениях мелкие кристаллы доломита с сечениями в виде ромба.

Реже встречаются послойные трещины-прожилки с частичной раскрытостью. Они имеют щелевидный характер, малую протяженность (до 0,5 см) и являются более поздними, зачастую прожилки также ориентированы послойно, но их положение более крутое и не всегда согласуется с положением трещин с органическим наполнителем.

Вдоль этих трещин-прожилков происходит интенсивная перекристаллизация материала с образованием среднезернистых агрегатов доломита (с размером доломитовых зерен до 0,25 мм).

Зерна доломита в них растут в направлении от породы к центру прожилков, имеют ромбическую и неправильно-четырёхугольную форму, часто в них проявлена спайность в одном и двух направлениях.

Заполнение прожилков доломитом осуществляется как полностью, так и с образованием в центральных частях прожилков мелких (до 0,05 мм) открытых межкристаллитных пор. Также повсеместно межкристаллитные поры отмечаются в участках перекристаллизации, в случаях послойной перекристаллизации они имеют послойную трассировку; в случаях пятнистой перекристаллизации – располагаются в породе беспорядочно. Размеры их различные, в основном не превышают 0,05 мм, но иногда встречаются поры размером до 0,25 мм.

В породе в интерстициальных промежутках между кристаллическими зернами доломита постоянно отмечаются примазки бурого нефтяного вещества. Пленки нефти наблюдаются также на стенках межкристаллитных пор.

## **7. КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОД. КЛАССИФИКАЦИИ КОЛЛЕКТОРОВ**

### **7.1. Емкостные свойства пород**

Алевриты, песчаники и карбонатные породы, имеющие открытое и частично открытое пустотно-поровое пространство, обладают емкостью и способны вмещать флюиды: нефть, газ и воду. Если пустоты связаны между собой, то через породы возможна фильтрация. Способность вмещать флюиды и отдавать их при перепаде давления (при разработке) обусловлена пористостью и проницаемостью пород, т.е. их фильтрационно-емкостными или коллекторскими свойствами. Породы, обладающие этими свойствами, называются коллекторами.

Пористость породы определяется совокупность пустот, т.е. долей пустотного пространства в общем объеме породы. Численно она оценивается коэффициентом пористости, равным отношению объема соответствующих пор к объему образца породы, или в процентах (рис. 80).

Величина пористости коллекторов, дающих промышленную нефть, составляет: в песках – 20–25 %; в песчаниках – 10–30 %; в карбонатных породах – 10–25 %.

В соответствии со степенью сообщаемости пор различают открытую и закрытую пористость.

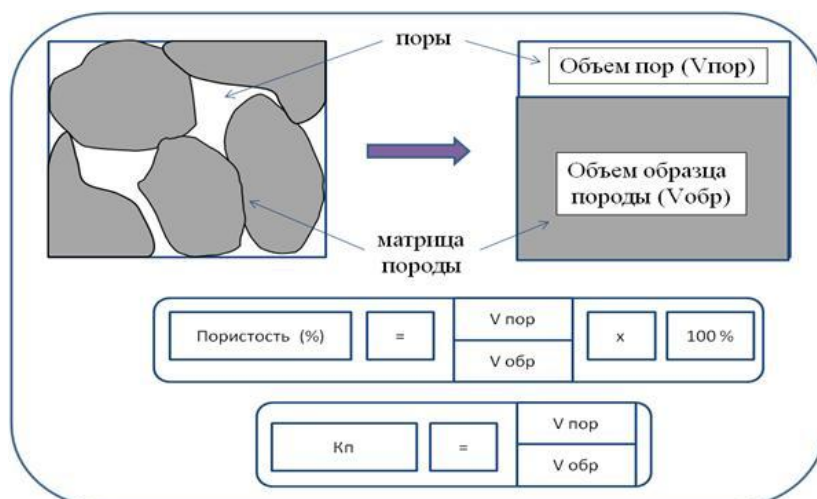


Рис. 80. Схема расчета пористости и коэффициента пористости пород

*Открытая пористость* определяется объемом всех связанных между собой пор, т.е. объемом сообщающихся открытых и частично открытых пор. Открытые и частично открытые поры определяют *эффективную пористость*, т.е. объем пор, из которых нефть может быть извлечена при разработке (рис. 81).



Рис. 81. Схема типов пор и пористости

*Закрытая пористость (неэффективная)* соответствует объему изолированных, т.е. не связанных между собой пор.

Весь объем порового пространства определяет *общую (полную или абсолютную) пористость* породы.

*Коэффициентом полной пористости ( $K_n$ )* называется отношение объема взаимосвязанных и изолированных пустот ( $V_{\text{пор}}$ ) к общему объему образца горной породы ( $V_{\text{обр}}$ ).

*Коэффициентом открытой пористости ( $K_o$ )* называется отношение объема открытых сообщающихся пор ( $V_o$ ) к объему образца горной породы ( $V_{\text{обр}}$ ).

*Коэффициентом эффективной пористости ( $K_{эф}$ )* называется отношение объема пор ( $V_{эф}$ ), через которые возможно движение нефти, воды или газа при определенных температуре и градиентах давления к объему образца горной породы ( $V_{обр}$ ).

## 7.2. Фильтрационные свойства пород

Фильтрационные свойства пород (или их проницаемость) – важнейший параметр, характеризующий проводимость коллектора, т. е. способность пород пласта пропускать к забоям скважин нефть и газ. Она зависит от многих факторов: от состава и размера обломочного материала, от степени его отсортированности, от количества, типа и состава цемента, от структуры порового пространства и пористости породы, от характера проявления постседиментационных процессов и т.д., а также от типа пластового флюида и характера его движения.

Обычно (если порода гидрофильна) флюиды занимают в порах определенное положение: вода обволакивает стенки, нефть и газ заполняют их центральные части. При разработке залежи в движение приходят все пластовые флюиды, и возможность их фильтрации определяется главным образом степенью сообщаемости пустот.

Если пустоты изолированы друг от друга, т.е. разделены матрицей породы, то движения флюидов не происходит даже при перепаде давления, и при разработке порода не способна их отдавать.

Фильтрация облегчается в случаях, когда поры соединяются каналами, т.е. сообщаются между собой (рис. 82). В значительной степени проницаемость зависит от наличия трещин, так как трещинное пространство обладает высокой проводимостью, а сами трещины создают направления преимущественной фильтрации.

Для характеристики проницаемости пород-коллекторов введены понятия абсолютной, эффективной и относительной проницаемости.

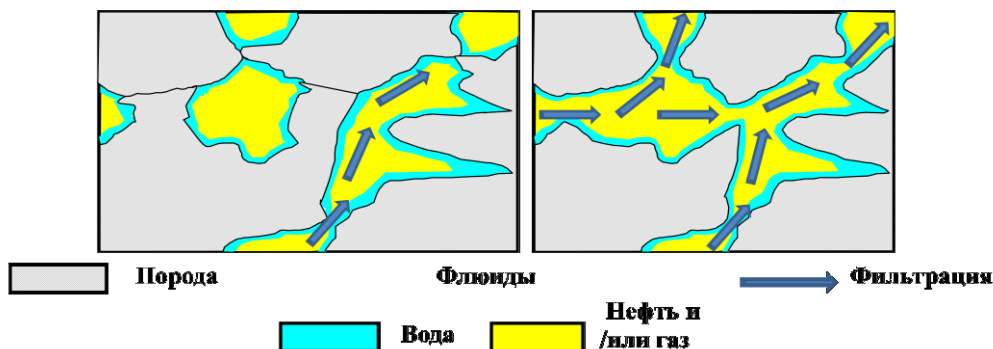


Рис. 82. Особенности фильтрации флюидов в породах с закрытыми, частично открытыми и открытыми пустотами

Под *абсолютной (физической, удельной) проницаемостью* понимают проницаемость пористой среды, которая определена при движении в ней лишь одной какой-либо фазы (газа или однородной жидкости), химически инертной по отношению к породе, при условии полного заполнения порового пространства газом или жидкостью.

*Относительная проницаемость* определяется как отношение эффективной проницаемости для флюида при данной насыщенности к абсолютной проницаемости. Если поровое пространство породы содержит в себе более одного флюида, проницаемость по конкретному флюиду называется *эффективной (фазовой)*.

Единицей измерения проницаемости горных пород является квадратный метр ( $\text{м}^2$ ), или используемый чаще микрометр ( $\text{мкм}^2$ ). В Международной системе

(СИ) за единицу проницаемости в  $1 \text{ м}^2$  принимается проницаемость такой пористой среды, при фильтрации через образец которой площадью  $1 \text{ м}^2$  и длиной  $1 \text{ м}$  при перепаде давления  $1 \text{ н/м}^2$  расход жидкости вязкостью  $1 \text{ н·сек/м}^2$  составляет  $1 \text{ м}^3/\text{сек}$ . Также пользуются практической единицей Дарси (Д) и милидарси (мД). Дарси в  $10^{12}$  раз меньше, чем проницаемость в  $1 \text{ м}^2$ . Соответственно  $1 \text{ мД}=10^{-3} \text{ мкм}^2$ .

### 7.3. Типы коллекторов и их классификация

Фильтрационно-емкостные свойства пород обусловлены большим числом факторов, поэтому нет единого подхода к классификации пород-коллекторов, учитывающего все аспекты их формирования.

В общем случае, существует 3 подхода к классификациям коллекторов: качественный, количественный (оценочный) и производственный. В основе качественного подхода лежат условия миграции углеводородов (происхождение, состав пород, особенности пустот); количественного – значения фильтрационно-емкостных свойств; производственного – рентабельность.

**По происхождению и составу пород** выделяют две основные группы коллекторов: терригенные и карбонатные, и менее распространенную группу нетрадиционных коллекторов.

*Терригенные коллекторы* сложены обломочными породами: песчаниками, песками, алевролитами, алевритами. Пустоты в них в основном представлены порами.

К *карбонатным коллекторам* относятся доломиты, мел и известняки. Пустотное пространство в них представлено трещинами и кавернами, реже порами.

К *нетрадиционным коллекторам* относятся породы любого происхождения и состава: вулканогенные, метаморфические, интрузивные, глинистые и биогенные кремнистые нефтематеринские породы. Пустотное пространство в них представлено порами, трещинами, кавернами, которые образуются при выходе газа и при вторичном выщелачивании (туфы и лавы), выветривании, проработке гидротермальными растворами, в катагенезе при генерации нефти, тектонических и других процессах.

**По особенностям пустотно-порового пространства** выделяют коллекторы простые (поровые, каверновые, трещинные, биопустотные) и смешанного типа. Простые коллекторы характеризуются одним типом пустот (порами, кавернами или трещинами) и единой непрерывной системой фильтрационных каналов. В коллекторах смешанного типа сочетаются пустоты разного происхождения.

Соотношение типов коллекторов, пустотно-порового пространства и пород, по А.А. Бакирову, приведено в таблице 42.

К коллекторам *порового (гранулярного, межгранулярного) типа* относятся в основном песчаники и алевролиты, а также оолитовые, сферолитовые и иногда органогенные известняки. Пустотное пространство в них представлено в терригенных породах – порами межзерновыми, внутризерновыми, межкристаллитными в цементе, иногда биопустотами; в карбонатных породах – межоолитными, межсферолитными порами и биопустотами (межформенными и внутриформенными).

К коллекторам *кавернового типа* относятся преимущественно легко растворимые карбонатные породы. Изредка к этому типу относятся песчаники с растворенным кальцитовым цементом. Емкость в них складывается из полостей каверн и микрокарстовых пустот, связанных между собой системой каналов, через которые и осуществляется фильтрация.



Таблица 42

Соотношение типов коллекторов, пустотно-порового пространства и пород,  
по А.А. Бакирову [45]

| Типы коллекторов | Поровые          | Трещинные | Каверновые          | Биопустотные  |
|------------------|------------------|-----------|---------------------|---|
| Пустоты          | Порово-трещинные |           | Трещинно-каверновые |   |
|                  | Поры             | Трещины   | Каверны             | Внутрискелетные (внутриформенные) и межскелетные (межформенные) |
| Породы           | Обломочные       |           |                     |   |
|                  | Карбонатные      |           |                     |   |
|                  | Изверженные      |           | Кремнистые          |   |
|                  | Глинистые        |           |                     |   |
|                  | Метаморфические  |           |                     |   |

*Трещинные коллекторы*, емкость в которых определяется трещинами, приурочены к карбонатным породам, реже к песчаникам и другим плотным породам (гранитам, сланцам и др.). При этом участки коллектора между трещинами представлены плотными непроницаемыми и малопроницаемыми нетрещиноватыми блоками пород. Фильтрация нефти и газа в них происходит по системам микротрещин с раскрытостью свыше 5–10 мкм.

*Коллекторы смешанного (сложного) типа* образуются при сочетании различных видов пустот, в том числе межзерновых, трещинных, каверновых, межформенных, внутриформенных и др. В различных группах коллекторов сочетания могут быть разными.

При характеристике коллекторов сложного типа по виду порового пространства, ведущий тип пор помещается в конце определения (например: в коллекторах порово-трещинного типа преобладают трещины т.д.).

К коллекторам смешанного типа относятся известняки и доломиты, реже – другие породы.

Структура пустотного пространства положена в основу многих классификаций коллекторов. В таблице 43 приведена классификация, разработанная в Московской академии нефти и газа им. И.М. Губкина.

В ней выделены 4 группы пород (обломочных, карбонатных, глинистых, магматических и др.) и их литологические разности, для которых по преобладающему виду порового пространства определен тип коллектора.

*По значениям емкостно-фильтрационных свойств* существует множество оценочных классификаций, разработанных как отдельно для терригенных и карбонатных коллекторов, так и комплексных, учитывающих коллекторы, представленные различными по составу породами.

Схема общей классификации коллекторов, по [44].

| Группа пород  | Тип коллектора      | Вид порового пространства          | Литологические разности пород   |
|---|---------------------|------------------------------------|---|
| Обломочные  | Поровый             | Межзерновой                        | Пески, песчаники, алевриты, промежуточные разности пород  |
|   | Трещинный           | Трещинный                          | Песчаники и алевролиты регенерационной структуры, песчаники и алевролиты с карбонатным цементом |
|   | Смешанный (сложный) | Межзерновой, трещинный             | Прочные песчаники и алевролиты с остаточной межзерновой пористостью                             |
| Карбонатные   | Поровый             | Межформенный                       | Биогенные, биохемотренные, оолитовые известняки и доломиты                                      |
|   |                     | Внутриформенный                    | Биоморфные известняки   |
|   |                     | Межзерновой                        | Доломитистые и доломитовые хемотренные и криптогенные известняки, доломиты, калькаренины        |
|   | Трещинный           | Трещинный                          | Криптогенные доломиты, известняки хемотренные окремненные и глинисто-кремнистые                 |
|   | Смешанный (сложный) | Межзерновой, трещинный, каверновый | Уплотненные известняки и доломиты различного генезиса   |
| Глинистые   | Трещинный           | Трещинный                          | Аргиллиты известковые, известково-кремнистые  |
| Коры выветривания магматических и метаморфических пород; кремнистые, сульфатные | Поровый             | Межзерновой                        | Кора выветривания гранитов, гнейсов, силициты   |
|   | Трещинный           | Трещинный                          | Метаморфические сланцы, серпентиниты, андезиты, кремнистые породы, ангидриты                    |
|   | Смешанный (сложный) | Межзерновой, трещинный             | Серпентиниты, андезиты  |

Наиболее широко используемой классификацией терригенных коллекторов является классификация А.А. Ханина (табл. 44).

Им выделено 7 классов коллекторов (от I до IV), представленных песчаниками и алевролитами определенного гранулометрического состава; для каждого класса определены интервалы значений эффективной пористости и проницаемости по газу, произведена оценка коллекторов по их проницаемости и емкости.

Таблица 44

Классификация песчано-алевролитовых коллекторов (по А.А. Ханину, 1969 [35])

| Класс | Название породы по преобладанию гранулометрической фракции   | Пористость эффективная, % | Проницаемость по газу, мкм <sup>2</sup> | Оценка коллектора по проницаемости и емкости |
|-------|--|---------------------------|---|--|
| I     | Песчаник среднезернистый<br>Алевролит мелкозернистый   | 16,5<br>29                | ≥1                                      | очень высокая                                |
| II    | Песчаник среднезернистый<br>Алевролит мелкозернистый   | 15–16,5<br>26,5–29        | 0,5–1                                   | высокая                                      |
| III   | Песчаник среднезернистый<br>Алевролит мелкозернистый   | 11–15<br>20,5–26,5        | 0,1–0,5                                 | средняя                                      |
| IV    | Песчаник среднезернистый<br>Алевролит мелкозернистый   | 5,8–11<br>12–20,5         | 0,01–0,1                                | пониженная                                   |
| V     | Песчаник среднезернистый<br>Алевролит мелкозернистый   | 0,5–5,8<br>3,6–12         | 0,001–<br>0,01                          | низкая                                       |
| VI    | Песчаник среднезернистый<br>Песчаник мелкозернистый<br>Алевролит крупнозернистый<br>Алевролит мелкозернистый | 0,5<br>2<br>3,3<br>3,6    | <0,001                                  | коллектор не имеет промышленного значения    |

В другой широко применяемой классификации терригенных коллекторов, предложенной А.И. Конюховым (табл. 45), увязаны литологический состав, структурные особенности и емкость коллекторов с изменением фильтрационных характеристик.

Автором выделены 3 группы коллекторов (А, Б, В – высшей, средней и малой емкости соответственно), слагаемых мелкообломочными породами с определенным составом и структурой, в пределах которых сделано разделение на классы (от I до VIII) в соответствии с фильтрационной способностью пород.

Им предложена также аналогичная классификация карбонатных коллекторов (табл. 46), в которых пустотно-поровое пространство представлено порами и кавернами. Коллекторы с трещинным пустотным пространством в классификации не рассматривались.

Таблица 45

## Классификация терригенных коллекторов по И.А. Конюхову [4]

| Группа, эффективная пористость, породы  | Класс | Проницаемость, $10^{-15} \text{ м}^2$ | Литологические разности   |
|---|-------|---------------------------------------|---|
| <p><b>А. Классы высшей емкости</b><br/>Эффективная пористость &gt;15 %.<br/>Мономинеральные и олигомиктовые пески, слабо сцементированные песчаники, алевролиты хорошо отсортированные, с окатанными и полукатанными зернами, с контактными и пленочными типами цемента</p> | I     | >1000                                 | Пески и слабо сцементированные среднезернистые песчаники, хорошо отсортированные  |
|   | II    | 1000–500                              | Пески и слабо сцементированные мелкозернистые песчаники, хорошо отсортированные. Песчаные алевролиты                    |
|   | III   | 500–300                               | Пески и слабо сцементированные алевролиты крупнозернистые   |
| <p><b>Б. Классы средней емкости</b><br/>Эффективная пористость от 15 до 5 %.<br/>Олигомиктовые и полимиктовые песчаники и алевролиты среднеотсортированные с пленочными и поровыми типами цемента</p>   | IV    | 300–100                               | Песчаники мелкозернистые, алевролиты крупнозернистые, содержащие карбонатный цемент до 10 %                             |
|   | V     | 100–50                                | Алевролиты мелкозернистые среднеотсортированные, с карбонатным цементом до 15 %   |
| <p><b>В. Классы малой емкости</b><br/>Эффективная пористость &lt;5 %.<br/>Полимиктовые песчаники и алевролиты, аркозы и граувакки, плохо отсортированные и окатанные, с базальным, базально-поровым и регенерационными типами цемента, иногда сильно уплотненные</p>        | VI    | 50–25                                 | Песчаники глинисто-алевролитовые, супеси, алевролиты глинисто-песчаные, с карбонатным цементом до 20 %                  |
|   | VII   | 25–10                                 | Алевролиты мелкозернистые, песчано-глинистые, с карбонатным цементом до 25 %  |
|   | VIII  | 10–1                                  | Алевролиты мелкозернистые сильно глинистые, с карбонатным цементом более 25 %. Туфопесчаники, туфоалевролиты, граувакки |

Классификация карбонатных коллекторов, по И.А. Конюхову [4]

| Группа, эффективная пористость                                    | Класс | Проницаемость, $10^{-15} \text{ м}^2$<br>эффективная пористость, % | Литологические разности  |
|---|-------|--|--|
| А. Классы высшей емкости.<br>Эффективная пористость >15 %         | I     | $\geq 1000$<br>>25   | Известняки биоморфные, скелетные (рифовые), крупно-кавернозные                     |
|   | II    | $1000-500$<br>25-20  | Известняки биоморфные, кавернозные   |
|   | III   | $500-300$<br>20-15   | Известняки кавернозные и органогенно-обломочные                                    |
| Б. Классы средней емкости.<br>Эффективная пористость от 15 до 5 % | IV    | $300-100$<br>15-10   | Известняки крупнозернистые порово-кавернозные, крупно-оолитовые                    |
|   | V     | $100-50$<br>10-5   | Известняки и доломиты средне- и мелкозернистые порово-кавернозные, мелко-оолитовые |
| В. Классы малой емкости.<br>Эффективная пористость <5 %           | VI    | $50-25$<br>-   | Известняки оолитовые, мелко-детритовые, биоморфные, инкрустированные               |
|   | VII   | $25-10$<br>-   |  |
|   | VIII  | $10-1$<br>-  |  |

Оценочно-генетическая классификация, в которой должно внимание уделено также коллекторам трещинного типа, предложена И.К. Багринцевой [4] (табл. 47). В ней автор сопоставил значения абсолютной проницаемости, открытой пористости, остаточной водонасыщенности, относительной газопроницаемости с текстурно-структурными характеристиками карбонатных пород. В результате выделено 3 группы коллекторов (А, Б и В) с высокой, средней и низкой полезной емкостью и фильтрационными свойствами (ФЕС), объединяющие 7 классов.

**По рентабельности** промышленной эксплуатации коллекторы подразделяются на эффективные и неэффективные. К эффективным коллекторам относятся коллекторы, обладающие такими емкостными и фильтрационными свойствами, которые обеспечивают рентабельность промышленной эксплуатации месторождения в конкретных геолого-технических условиях.

Таблица 47

## Оценочно-генетическая классификация карбонатных пород-коллекторов, по К.И. Багринцевой, из [4]

| Группа           | Класс | Абсолютная проницаемость, мкм <sup>2</sup> | Открытая пористость, % | Остаточная водонасыщенность, % от объема пор |     | Относительная газопроницаемость | Потенциальный коэффициент газонасыщенности | Тип коллектора               | Полезные ФЕС | Текстурно-структурная характеристика  |
|------------------|-------|--|------------------------|--|-----|---------------------------------|--|------------------------------|--------------|---|
|                  |       |  |                        | от   | до  |                                 |  |                              |              |   |
| А                | І     | 1,0–0,5                                    | 20–35                  | 5  | 10  | 1–0,9                           | 0,95–0,9                                   | Каверново-поровый и поровый  | Высокое      | Биоморфные, органогенно-детритовые, комковатые, слабо сцементированные (доля цемента до 10 %); рыхлая упаковка фрагментов; поры седиментационные, увеличенные выщелачиванием до каверн                          |
|                  | ІІ    | 0,5–0,3                                    | 16–30                  | 10   | 20  | 0,95–0,9                        | 0,95–0,8                                   |                              |              |   |
| Б                | ІІІ   | 0,3–0,1                                    | 12–28                  | 12   | 22  | 0,95–0,8                        | 0,88–0,78                                  | Поровый и трещинно-поровый   | Средние      | Органогенно-детритовые, слабо перекристаллизованные, сцементированные (цемента 0–20 %); поры седиментационные, выщелачивания, перекристаллизации  |
|                  | ІV    | 0,1–0,05                                   | 12–25                  | 16   | 30  | 0,9–0,65                        | 0,84–0,7                                   |                              |              |   |
|                  | V     | 0,05–0,01                                  | 12–25                  | 20   | 38  | 0,75–0,5                        | 0,8–0,62                                   |                              |              |   |
| В                | VІ    | 0,01–0,001                                 | 8–20                   | 35   | 55  | 0,55–0,3                        | 0,65–0,45                                  | Порово-трещинный и трещинный | Низкие       | Пелитоморфно-микрозернистые, сгустковые и сгустково-детритовые, сильно перекристаллизованные с плохо различимыми форменными элементами; пустоты выщелачивания (единичные), возможно реликтивно-седиментационные |
|                  |       | Параметры матрицы                          |                        |  |     |                                 |  |                              |              |   |
|                  | VІІ   | 0,300–0,001                                | 0,1–4                  | –  | –   | –                               | около 1                                    |                              |              |   |
|                  |       | Параметры трещин                           |                        |  |     |                                 |  |                              |              |   |
|                  |       | 0,001 и <                                  | 2–15                   | 60   | 100 | 0,2                             | 0,4 и <                                    |                              |              |   |
|                  |       | Параметры матрицы                          |                        |  |     |                                 |  |                              |              |   |
| 0,30–0,001       | 0,1–4 | –  | –                      | –  | –   |                                 |  |                              |              |   |
| Параметры трещин |       |  |                        |  |     |                                 |  |                              |              |   |

#### 7.4. Изучение пустотно-порового пространства и обоснование типа коллектора

Изучение пород-коллекторов в шлифах обязательно требует предварительного макроскопического изучения образца породы, из которой изготовлен шлиф.

**1. Определить предварительно тип коллектора** при макроскопическом изучении по:

- составу породы (терригенный, карбонатный, нетрадиционный);
- характеру пустотно-порового пространства (поровый, каверновый, трещинный, смешанный).

**2. Оценить макро- и микроскопически:**

- распределение пустот (равномерное, неравномерное, густота – одиночные, редкие, частые);

- ориентацию пор и трещин (для пор – ориентированные послойно, расположены беспорядочно, приурочены к определенным прослоям и т.д.; для трещин – параллельные, пересекающиеся, секущие породу вдоль напластования или под углом к нему и т.д.);

- морфологию пор и трещин (для пор – правильная, неправильная, заливообразная; для трещин – линейная, слабо извилистая, сильно извилистая с плавными изгибами, зигзагообразная) и т.д.);

- ветвление (для трещин): не ветвящиеся, слабо ветвящиеся, сильно ветвящиеся);

- степень извилистости: линейные, слабо извилистые, сильно извилистые с плавными изгибами, зигзагообразные и т.д.);

- характер заполнения (размеры кристаллических зерен, морфология кристаллов, зональное строение);

- минеральное выполнение (кальцит, кварц, пирит и др.);

- характер поверхности стенок (неровные, гладкие, волнистые и т.д.);

- размеры (с определением не только метрических значений – поперечные сечения пор и каверн, раскрытость и длина трещин, но и классификации пустот по размерам пустотно-порового пространства);

- степень сообщаемости – для пор;

- рассчитать густоту и интенсивность трещинообразования – для трещин;

- равномерность, степень сообщаемости, общую пористость.

**3.** На основании полученной информации **дать развернутую характеристику пустотно-порового пространства** пород-коллекторов разного типа и сделать вывод об условиях его формирования: первичные или вторичные пустоты, на каком этапе литогенеза образовались, какие процессы способствовали их возникновению. При необходимости выполнить соответствующие иллюстрации.

**4.** В соответствии с выбранными классификациями, **обосновать определение типа коллектора.**

**5. Сопоставить результаты с аналитическими значениями** фильтрационно-емкостных (пористость и проницаемость) свойств пород в коллекторах трещинного и порового типа.

**6. Обобщить полученные данные** в пояснительной записке.

## 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., Карнюшина 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](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.

|   |     |
|---|-----|
| <b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....   | 3   |
| 1. <b>ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОРОД</b> .....   | 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. <b>ОСНОВЫ КРИСТАЛЛООПТИКИ</b> .....  | 10  |
| 2.1. Поляризация света.....   | 10  |
| 2.2. Оптическая индикатриса.....  | 11  |
| 3. <b>ИЗУЧЕНИЕ МИНЕРАЛОВ ПОД МИКРОСКОПОМ</b> .....  | 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. <b>ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПЕСЧАНЫХ И КАРБОНАТНЫХ ПОРОД</b> ..... | 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. <b>ИЗУЧЕНИЕ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ</b> .....  | 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<br>терригенных пород-коллекторов в шлифах..... | 128 |
| 5.4.   | Количественные петрографические исследования<br>песчаных пород-коллекторов в шлифах.....       | 129 |
| 5.4.1. | Гранулометрический анализ пород в шлифах<br>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<br>петрографического анализа в шлифах.....   | 136 |
| 6.     | <b>ИЗУЧЕНИЕ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД–КОЛЛЕКТОРОВ.....</b>   | 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.     | <b>КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОД.<br/>КЛАССИФИКАЦИИ КОЛЛЕКТОРОВ.....</b>                        | 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<br>и обоснование типа коллектора.....                  | 166 |
|        | <b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>  | 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