

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«РОСТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Ю.В. Попов, Ж.С. Кобзарева

Основные методы полевого изучения и лабораторно-аналитических исследований осадочных пород



**Учебное пособие по общегеологической практике для студентов
геологических специальностей**

Ростов-на-Дону
2006

Учебное пособие разработано кандидатом геолого-минералогических наук, ст. преподавателем кафедры общей и исторической геологии Ю.В. Поповым и преподавателем Ж.С. Кобзаревой.

Рецензент канд. геол.-минерал. наук, доцент Н.В. Голубова

Печатается в соответствии с решением кафедры общей и исторической геологии геолого-географического факультета РГУ, протокол № 4 от 12 января 2006 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ИЗУЧЕНИЕ ОБНАЖЕНИЙ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД	6
2 МАРШРУТНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ	10
3 ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД	11
3.1 Известняки: состав, классификация, номенклатура	11
3.2 Особенности полевого описания и изучения известняков.....	15
3.3 Методы исследования карбонатных пород и минералов	17
4 ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ОБЛОМОЧНЫХ ПОРОД	24
4.1 Состав, классификация и номенклатура обломочных пород.....	24
4.2 Особенности полевого описания и изучения крупнообломочных пород	27
4.3 Особенности полевого описания и изучения мелкообломочных пород.....	29
4.4 Методы исследования мелкообломочных пород.....	31
5 ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД.....	34
5.1 Особенности полевого описания и изучения глинистых пород.....	35
5.2 Методы исследования глинистых пород и минералов	36
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	37

Введение

*Расскажи мне – и я забуду,
покажи мне – и я запомню,
дай мне попробовать – и я пойму.*

Слова, выбранные в качестве эпиграфа к этой работе, произнесены одним из мудрецов древности тысячи лет назад, и до сегодняшнего дня они очень точно отражают результаты разных подходов к обучению. Особенно наглядно это проявляется при изучении естественных наук, и геологии в частности. Никакие формы обучения и представления информации – от простых схем, нарисованных мелом на доске, до трёхмерных компьютерных моделей – не могут заменить реальных природных объектов. Только практический опыт и приобретённые навыки, в совокупности с имеющимися теоретическими знаниями, позволяют адекватно представлять природные объекты и процессы, проводить их изучение.

Приобретение такого опыта и навыков и является главной целью полевых этапов учебных геологических практик. Первое, чему должен обучиться студент-геолог – умению видеть изучаемый геологический объект; видеть в широком смысле этого слова, то есть уметь выявить его особенности, специфику, незаметные на первый взгляд детали. Вторая задача – научиться грамотно документировать эти объекты. Это очень важный элемент геологических исследований, обеспечивающий качество фактического материала и, как следствие, достоверность и детальность получаемых на его основе выводов. Здесь уместно привести слова В.И. Вернадского: «Не одни теории и научные гипотезы – эти мимолетные создания разума, – но и точно установленные факты и обобщения ... заставляют переделывать и перестраивать картину мира». История геологии не раз давала тому подтверждение.

Хорошим можно считать описание, позволяющее представить реальный объект со всеми его особенностями, воссоздать его «виртуальный образ». Причём существенными недостатками следует считать как недостаточность приведённого материала, так и излишнюю перегруженность описания, при которой «теряются» значимые детали. «Золотой серединой» можно считать лаконичное описание, выполненное в соответствии с принятыми методиками и спецификой проводимых исследований. Следует заметить, что даже опытные геологи иногда сталкиваются с особенностями объектов, которые сложно объяснить и

классифицировать (для студентов первых курсов такие встречи куда более часты!), в этом случае особенно актуальным становится умение вдумчиво и грамотно задокументировать их, давая возможность впоследствии установить их природу или провести консультации со специалистами (тем более, что второго шанса оказаться на этом обнажении может и не быть). Заметим, что многие геологические объекты (например, строматолиты) успешно изучались десятилетиями до того, как была установлена их природа.

Ещё один неотъемлемый элемент геологических исследований – отбор образцов и проб, позволяющих проводить детальные лабораторно-аналитические исследования и устанавливать особенности, не различимые в полевых условиях. Очевидно, что изучение образца имеет смысл только при соблюдении двух главных условий: 1) его чёткой «привязанности» к геологическому объекту (конкретному слою, прожилку и т.д. в изученном обнажении или горной выработке), 2) правильности отбора с учётом планируемых исследований. Следовательно, геолог должен знать, зачем проводится отбор образцов, и представлять общие особенности разных видов исследований (какие результаты они могут принести, каковы правила отбора и подготовки проб к анализу, степень их достоверности). Более того, в ходе геологических маршрутов могут встречаться объекты, опробовать которые необходимо – выходы рудных жил или других полезных ископаемых, редкие экземпляры окаменелостей и пр.

Совершенно очевидно, что предлагаемая работа не может дать представление о специфике изучения всего многообразия геологических объектов и методов их исследования. Поэтому, имея определённый опыт проведения учебных геологических практик и зная особенности геологического строения районов их проведения, ограничимся рассмотрением общих особенностей изучения естественных выходов осадочных горных пород, специфики изучения наиболее распространённых в этих районах классов и групп осадочных пород, наиболее часто используемых и доступных методов их лабораторно-аналитических исследований. В большинстве случаев в работе приводятся лишь общие сведения, при необходимости получения более подробной информации читатель может обратиться к приведённым в списке рекомендуемой литературы работам. Необходимо также отметить, что перечень упоминаемых в данной работе методов исследований и методик не являются исчерпывающими, многие

из важных и информативных методов вообще не упомянуты, например, изотопные исследования, требующие сложного лабораторного оборудования и достаточно дорогие, или методы опробования для технологической оценки качества пород как полезного ископаемого или их рудоносности, изучаемые в специальных курсах, и многие другие. Несмотря на это, знакомство с работой позволяет учащемуся самостоятельно спланировать и провести ряд исследований от описания и опробования обнажений до проведения аналитических исследований и получения собственных аргументированных выводов («Самое полезное в жизни – это собственный опыт», – гласит известное высказывание В. Скотта). Необходимые материалы о геологическом строении районов практик, составе и особенностях слагающих их толщ приведены в соответствующих специальных работах и методических пособиях [4, 12].

Изложенный материал соответствует инструкциям по организации и производству геологосъемочных работ [3, 7, 8, 20] и рекомендациям по изучению осадочных комплексов [5, 10, 11, 13, 17, 18 и др.].

Авторы выражают признательность коллегам – сотрудникам кафедры общей и исторической геологии, и персонально В.Т. Щирову, за ценные консультации, коллективу межкафедральной лаборатории, рецензенту за высказанные замечания и пожелания, а также студенткам геолого-географического факультета О. Пустовит и М. Верещаге, принимавшим участие в полевом изучении неогеновых толщ северо-восточного Приазовья и проводившим аналитические исследования, результаты которых использованы при подготовке работы.

1 Изучение обнажений осадочных пород

Изучение обнажений осадочных пород складывается из следующих последовательных элементов

1. Привязка обнажения – определение его положения по отношению к имеющимся на местности ориентирам. Для приблизительной ориентировки обычно используют прямые и обратные засечки горным компасом. Положение обнажения фиксируется на рабочей топографической карте и схеме геологического маршрута в полевой книжке. Рекомендуется привязка с использованием приборов спутниковой навигации (GPS); последний способ более предпочтителен, поскольку обеспечивает не только высокую точность, но и

позволяет непосредственно из памяти прибора, подключенного к компьютеру, выносить положение точек на топографическую (геологическую или иную) карту, создавая карту фактического материала.

2. Предварительный осмотр обнажения: выясняются условия залегания толщ, разрез разбивается на интервалы и пачки по наиболее ярким признакам – литологическому составу, окраске, особенностям слоистости, устанавливаются несогласия, интервалы, обогащенные остатками организмов. Отбираются образцы всех разновидностей горных пород и органических остатков (или намечаются места их отбора). На основании руководящей фауны устанавливается относительный возраст пород выделенных интервалов.

Проводя осмотр обнажения, следует начинать с выявления общих элементов его строения (часто явно видимых уже при подходе к обнажению), постепенно выявляя различия в пределах них. Следует обращать особое внимание на изменение окраски пород, характер палеонтологических остатков – нередко в монотонных по литологическому составу толщах по этому признаку выделяются не только слои, но и разные по возрасту стратиграфические интервалы. Ещё один важнейший элемент обнажения – поверхности размыва, горизонты базальных конгломератов.

В случае повторяющегося состава слоёв пород, слагающих какой-либо из выделенных интервалов, в ряде случаев целесообразно объединить их в пачку, указав при этом характер переслаивания (незакономерное, флишевое, либо обнаруживающее иную закономерность – изменение мощности слоев, размера обломочного материала и т.д. в разрезе пачки), минимальную и максимальную мощность слоёв, литологическую характеристику слагающих пачку пород, её возраст и мощность. В ритмично построенных толщах описывается элементарный (повторяющийся) ритм, для других ритмов указывается мощность и тенденции изменения строения ритмов по разрезу.

В обнажениях, содержащих большое количество описываемых интервалов или характеризующихся сложной дислоцированностью, составляется предварительная схема строения обнажения с краткими пояснениями.

3. Описание обнажения. Описание обнажения начинается с его общей характеристики: высоты, протяженности, геоморфологической приуроченности (*например, в уступе эрозионной террасы, на водоразделе*). При

этом важно определить действительно ли обнажение является коренным выходом, либо оползневый блоком или отдельной глыбой.

Далее, с красной строки, следует послойное описание пород, слагающих выделенные в разрезе пачки и слои, с обязательным указанием характера их контактов и переходов между рассматриваемыми интервалами (*согласно, с постепенным переходом, с параллельным или угловым несогласием и т.д.*). Описание каждого интервала (или слоя) рекомендуется начинать с новой строки и нумеровать по порядку.

Описание производится снизу вверх и для каждого слоя включает: название породы, окраску (распределение и обусловленность), степень литификации (порода прочная, слабосцементированная, пластичная и т.д.), характеристику вещественного состава, текстурные особенности (слоистость и т.д.), состав и распределение включений и конкреций, наличие и состав органических остатков, проявления полезных ископаемых, возраст (слоя или интервала, включающего несколько слоёв), мощность слоя. При описании каждой разновидности пород в тексте указывается номер соответствующего образца, включающий номер обнажения и номер слоя, из которого отобран данный образец; в случае, если из слоя отобрано несколько образцов, к номеру добавляется буквенное обозначение (*пример: обр. 1007-4a*). При необходимости, номер может сопровождаться дополнительными сведениями (*ил. 1007-4a – образец для изготовления шлифа и т.п.*).

Обязательно акцентируется внимание на характере взаимоотношений слоёв: залегание с постепенным переходом, с размывом и пр.

Примечания: 1. Записи выполняются на правой стороне полевого дневника, а зарисовки – на левой.

2. Использование буквенных обозначений не рекомендуется в случае протяженных обнажений, где букв алфавитам может оказаться меньше, чем образцов. В таких случаях лучше использовать числовую нумерацию, записываемую через дефис: обр. 1054-1-12.

4. При сложной дислоцированности пород разреза необходимы замеры элементов залегания, описание и зарисовка нарушений, складчатых форм, характера трещиноватости.

5. Зарисовка обнажения, выполняемая обязательно в масштабе и отражающая характерные черты строения обнажения, взаимоотношения между слоями пород. Для неё должны быть указаны номер обнажения и ориентировка зарисовываемой части, номер и название рисунка, пояснительные надписи и использованные условные обозначения. На зарисовку выносятся точные места отбора проб и их номера. Помимо зарисовки общего строения обнажения при необходимости приводятся рисунки отдельных важных элементов строения толщ, например, слоистости. Систематически проводится также фотографирование обнажений и их элементов, не заменяющее зарисовки (т.к. на фотографии во многих случаях особенности строения толщ выражены нечетко). Если во время маршрута описано несколько обнажений, рекомендуется составлять сводную стратиграфическую колонку или схему сопоставления обнажений изученной территории, эта информация уже на начальных этапах изучения территории позволяет анализировать особенности её строения.

Ссылки на зарисовки и фотографии должны содержаться в тексте полевого дневника. На левой стороне полевого дневника рекомендуется указывать номер плёнки и кадра (для цифровых камер, соответственно, номер файла с кадром) с пояснением о том, что было сфотографировано. После распечатки фотографий на их обороте сразу необходимо указать их номер, соответствующий записи в полевой книжке, и пояснения к фотографии.

6. Документирование образцов: каждый образец сопровождается этикеткой, на которой указывается номер образца (соответствующий его номеру в описании и на зарисовке), название породы и её возраст. Нужно подчеркнуть, что номер каждого образца является уникальным и не может повторяться, поэтому, в случае работы нескольких групп, до начала работ определяются для каждой из групп интервалы используемых номеров обнажений. Этикетка заполняется карандашом, сворачивается внутрь надписью и вкладывается в мешочек с образцом. Этикетка может быть продублирована наклеенным на образец пластырем с написанным на нем шариковой ручкой номером.

Объём отбираемых образцов определяется характером их дальнейшего использования. Образцы для эталонных коллекций должны иметь размер 9×12 см при толщине 3-4 см и иметь три свежих скола (следует иметь в виду, что иногда структурные и текстурные особенности рельефнее выражены на выветрелой

поверхности; в таких случаях сохранение выветрелой поверхности обязательно). Многие образцы сопровождаются сколом (небольшим кусочком породы) для изготовления шлифа. В этом случае осколок должен откалываться из того же куска породы, иметь тот же номер и сопровождаться пометкой «шл.».

2 Маршрутные наблюдения

В ходе геологических исследований во время маршрута, как правило, проводится описание не одного обнажения, а серии рядовых обнажений и участков между ними (исключения составляют опорные обнажения, детальное изучение которых иногда занимает много времени). Описание маршрута состоит из следующих частей: 1) дата и погода, 2) номер маршрута, 3) указание района маршрута, 4) цель маршрута и характер изучаемых объектов, 4) привязка начала маршрута, 5) описание маршрута, 6) выводы по маршруту.

Указание района маршрута приводится так, чтобы его легко находить на карте фактического материала: приуроченность к бассейну реки или ручьях, примечательным формам рельефа, населённым пунктам. Обязательно наличие всех таких названий на топографических картах.

Цель маршрута и характеристика ожидаемых объектов изучения обычно совмещаются в одной записи.

Привязка начала маршрута даётся по отношению к чётко определённым и постоянным элементам топографической ситуации (характерные элементы рельефа, дороги, постоянные сооружения и т.п.), желательно с указанием географических координат (при использовании GPS). Недопустима привязка к полевым лагерям и другим временным объектам.

Описание маршрута включает фиксацию всех наблюдений, проводимых над геологическими, геоморфологическими, гидрогеологическими и другим рассматриваемыми объектами, а также выводов, полученных геологом в ходе маршрута, а не только описания обнажений. По ходу маршрута описываются геологические образования, проводятся поиски полезных ископаемых, остатков фауны и флоры, выявляются контуры геологических тел в пределах района, особенности рельефа, родники и другие примечательные объекты. Описания должны быть лаконичными и иметь чёткую привязанность: *«по ходу маршрута по Аз. 120 от обн. 2037 на протяжении 240 м отмечается ряд низкодебетных безнапорных источников, приуроченных к мезотическим известнякам», «на*

участке между обн. 1024 – обн. 1025 балка Каменная приобретает V-образный профиль с крутыми (60-70°) выпуклыми склонами, осложненными ступенеобразными выступами, сложенными плотными мезотическими известняками; глубина эрозионного вреза 25-30 м, ширина верха балки 70-80 м, по дну 8-10 м, русло сухое». При необходимости привязки наблюдения к местности (высыпки, отдельные находки окаменелостей, родники, важные геоморфологические элементы, археологические находки и пр.) в полевой книжке указывается точка наблюдения (например, т.н. 1026), которой присваивается номер (для обнажений и точек наблюдения используется одна сквозная нумерация). Порядок описания точек наблюдения такой же, как у рядовых обнажений.

При рекогносцировочных маршрутах описание может проводиться как одна запись, не разделяемая на описание обнажений, точек наблюдения и наблюдений по ходу маршрута; при этом приводится обобщенное описание геологического строения без детального рассмотрения состава пород и особенностей их залегания.

Выводы по маршруту завершают описание. Ими могут быть обобщённые данные о полноте стратиграфического разреза, составе отложений и их изменчивости, генезисе, перспективности на наличие полезных ископаемых и другие сведения, обычно определяемые задачей исследований. В ряде случаев вывод охватывает обобщение материалов по нескольким соседним маршрутам, а также данные предварительной камеральной обработки материалов. По окончании маршрута составляется или дорабатывается схема маршрута. На ней в виде узкой полосы вдоль линии маршрута изображаются геологические тела, состав и границы распространения всех разновидностей горных пород, элементы залегания и другие данные, дающие максимально представление о геологии данной территории.

3 Особенности изучения карбонатных пород

Среди карбонатных пород в районах практики преобладают известняки.

3.1 Известняки: состав, классификация, номенклатура

Известняком называют осадочную породу на 50% и более состоящую из CaCO_3 . При этом CaCO_3 в породе может находиться в разной форме в зависимости от условий её происхождения: в форме кристаллического или

криптокристаллического (с размером кристалликов менее 0,001 мм) кальцита (или арагонита), в составе раковин или другого биогенного материала, в виде обломков других известняков. Таким образом, при рассмотрении известняков наиболее удобно в первую очередь разделять их по структурным особенностям: зернистые, органогенные и органогенно-детритовые, обломочные.

Зернистые известняки имеют биохемогенное или хемогенное происхождение, формируясь за счёт осаждения растворённого в воде CaCO_3 , и сложены кристаллическим кальцитом.

Органогенные и органогенно-детритовые известняки формируются за счёт биогенного материала. Подразделяются по составу биогенного материала (коралловые, водорослевые, мшанковые, фораминиферовые, ракушечники и др.) и степени его сохранности. Последний критерий даёт основание для выделения биоморфных (биогермных и цельнораковинных) и органогенно-детритовых (органогенно-обломочных) разновидностей. Биоморфные известняки состоят из целых раковин или иных скелетных форм. Органогенно-детритовые известняки состоят из обломков раковин или обломков других скелетных форм и подразделяются по размеру этих обломков: грубодетритовые (более 3 мм), крупнодетритовые (1-3 мм), мелкодетритовые (0,1-1 мм) и шламовые или тонкодетритовые (менее 0,1 мм). Известняки, состоящие преимущественно из раковин, целых и раздробленных, часто объединяют термином известняки-ракушечники.

Обломочные (или кластогенные) известняки сложены более чем на 50 % обломочными частицами карбонатного состава. Характерными признаками обломочных известняков служат: наличие признаков окатанности (иллюстрацией служит рисунок 1) и сортировки частиц, чередование слойков с разным размером частиц, наличие кривой слоистости. Подразделяются по размеру составляющих обломочных частиц на грубо-, крупно-, мелко-, тонко- и разнообломочные. В зависимости от характера обломков породы могут быть названы известняковыми гравелитами, известняковыми песчаниками и т.д.

Особо следует отметить ещё одну разновидность известняков – известняки пелитоморфные. Эта широко распространённая разновидность часто имеет сложное происхождение и может образовываться вследствие

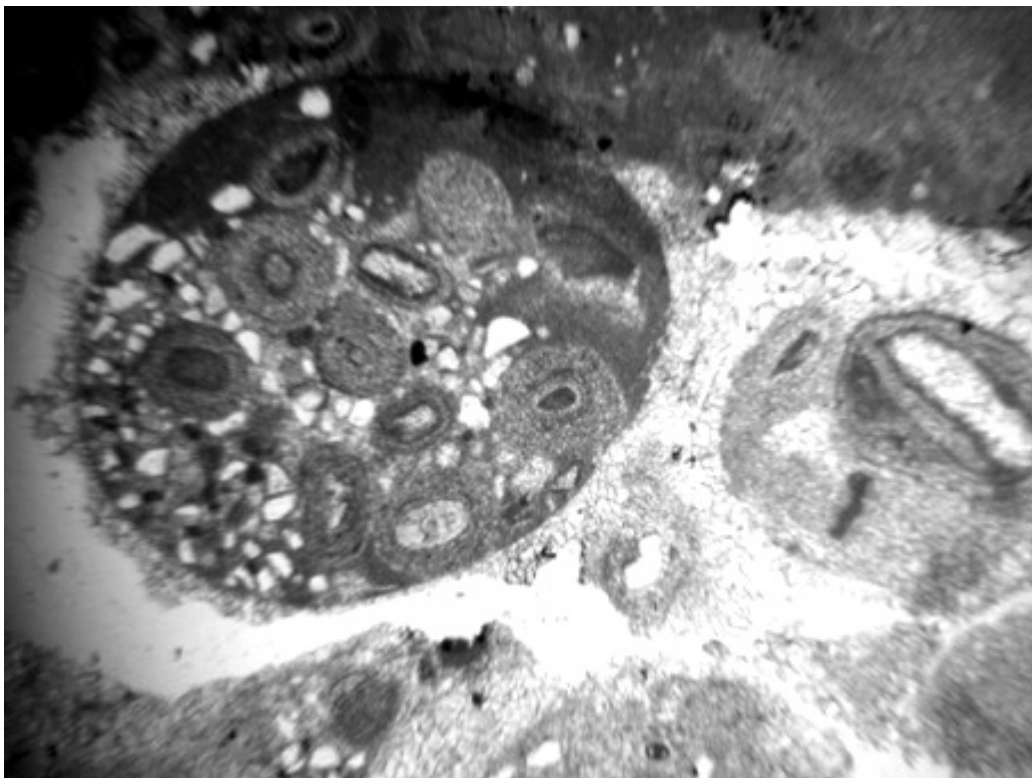


Рисунок 1 - Обломочная структура известняка

Обр. 1009-2б, средний сармат. Увеличение $\times 30$; ник. ||

В поле шлифа видны окатанные обломки известняка оолитового песчанистого, сцементированные мелкозернистым кальцитом.

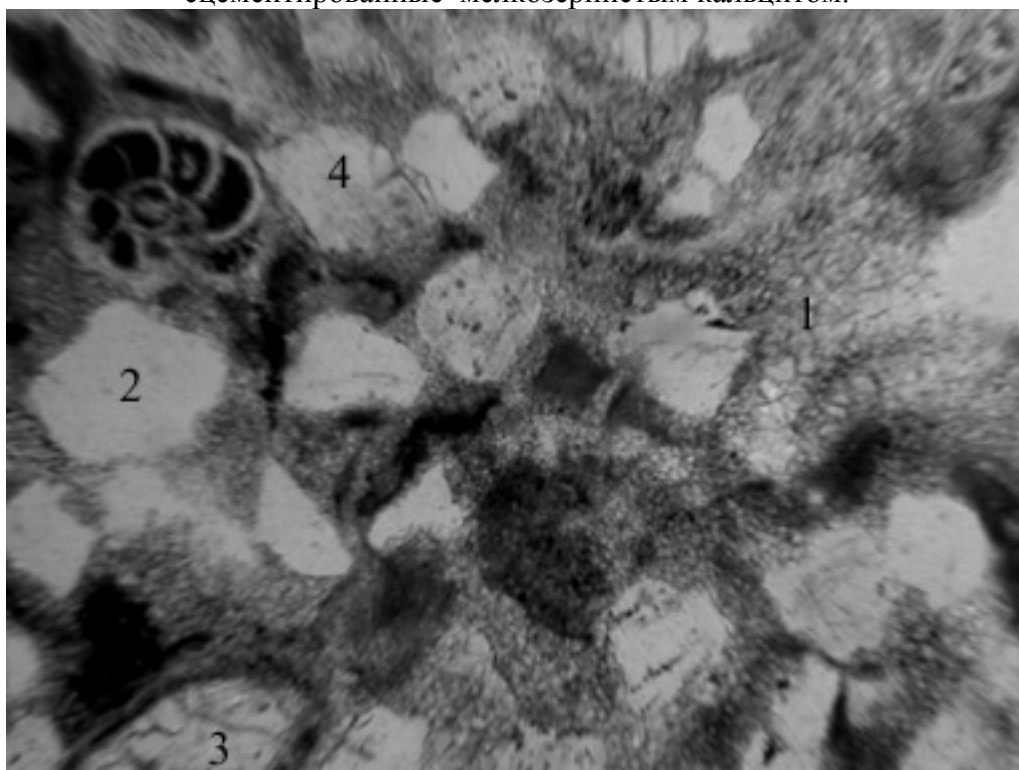


Рисунок 2 - Известняк под микроскопом

Обр. 6а, средний сармат. Увеличение $\times 40$; ник. ||

В поле шлифа видны : 1 – зернистый кальцитовый цемент, 2 – песчаные зёрна, 3 – фрагмент раковины двустворчатого моллюска, 4 – раковина фораминиферы.

различных процессов. В общем виде образование таких известняков происходит за счёт диагенеза известкового ила. При этом карбонатный материал может поступать за счёт переноса и осаждения тонкой известковой мути (например, за счёт приноса в бассейн осадконакопления такой мути речными водами, размывающими толщи карбонатных пород), в таком случае пелитоморфный известняк относится к обломочным; поступление карбонатного материала может быть связано с процессом химического осаждения (хемогенное происхождение) или биохемогенными процессами (выпадение карбонатного вещества под воздействием бактерий или водорослей).

Известняки во многих случаях представляют собой многокомпонентные образования, включающие как различные карбонатные элементы, так и некарбонатный материал.

Иллюстрацией этому может служить фотография шлифа известняка, приведённая на рис. 2. Здесь в составе известняка присутствуют кварцевые зёрна, фрагменты раковин моллюсков, раковины фораминифер – одноклеточных организмов, оолиты, цементирующая мелкокристаллическая кальцитовая масса; более детальные исследования позволяют в этой породе установить присутствие магнезита и глинистых минералов. Многокомпонентность известняков отражается и в их химическом составе, что видно из таблицы 1.

Таблица 1 Средний химический состав известняков сарматского – понтического горизонтов северо-восточного Приазовья

	n	SiO ₂ +R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	п.п.п.	CaCO ₃	MgCO ₃
N_{2p}	26	12,57 (9,02)	2,74 (1,03)	46,79 (5,20)	1,02 (0,45)	37,57 (5,30)	83,49 (9,36)	2,13 (0,94)
N_{1m}	16	19,89 (10,90)	3,04 (1,41)	42,93 (6,64)	0,78 (0,27)	33,17 (9,40)	76,06 (12,29)	1,64 (0,56)
N_{1s2}	27	14,40 (8,57)	2,78 (0,80)	45,18 (4,75)	1,43 (1,64)	37,32 (3,97)	80,64 (8,54)	3,13 (3,47)

Примечание к таблице: N_{2p} – понтический регионарус, N_{1m} – мэотический регионарус, N_{1s2} – среднесарматский горизонт; в скобках приведены значения среднеквадратичного отклонения

Состав слагающих известняк компонентов также должен быть отражён в названии породы. Присутствие в породе существенной доли примесей (в количестве 10-50% для каждого из компонентов) отражается в её названии (*известняк песчанисто-глинистый, известняк песчанисто-оолитово-детритовый и т.д.*), при этом компоненты перечисляются в порядке возрастания их

количества в породе. При небольшом содержании примесей (менее 10%) их присутствие указывается путём добавления к названию породы слов «с редкими»: *известняк песчанисто-глинистый с редкими зёрнами глауконита*.

3.2 Особенности полевого описания и изучения известняков

При полевом описании известняков следует обращать внимание на следующие особенности этих пород.

1. Форма геологического тела, сложенного известняком (слой, линза, биогерм, биостром и пр.).

2. Минеральный состав породы и примерное участие в ней карбонатной и терригенно-глинистой составляющей. Для оценки количества терригенно-глинистой составляющей частичку породы растворяют в кислоте на часовом стекле, визуально оценивая долю нерастворимого остатка. Определение примерного соотношения кальцита и доломита в карбонатной породе определяется по характеру реакции с кислотой. Маленький кусочек породы, размером 5 мм, погружается в разбавленную (в соотношении 1:7–1:10) соляную кислоту и проводится наблюдение над интенсивностью реакции. В случае если порода является известняком, происходит бурная реакция, интенсивно выделяются пузырьки CO_2 , образец покачивается и стремится всплыть к поверхности. Доломитовый известняк (5-50% доломита) реагирует менее активно, пузырьки выделяются непрерывно, образец лишь несколько приподнимается от дна сосуда. Известковый доломит отличается слабым выделением CO_2 , образец неподвижен или слабо колеблется. Доломит не вскипает, медленно образуются отдельные пузырьки, постепенно интенсивность реакции нарастает и образуются тонкие струйки пузырьков. Присутствие доломита может быть определено и по характеру окрашивания минералов с использованием обычных фиолетовых чернил. В чернила добавляют небольшое количество HCl , в связи с чем, они приобретают зелёную окраску. Капля раствора помещается на анализируемый минерал, при этом кальцит сразу же приобретает фиолетовую окраску, а доломит (более медленно взаимодействующий с кислотой) некоторое время сохраняет зелёный цвет. Наличие других минералов-примесей может быть определено более трудоёмкими методами окрашивания. В качестве одного из примеров можно привести реакцию, позволяющую выявить наличие арагонита. Для этого образец 1-5 мин, в зависимости от зернистости породы,

кипятят в 5-10%-ном растворе $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$; при этом карбонатные минералы, за исключением арагонита, не окрашиваются (микрокристаллический кальцит может приобрести лилово-розовый цвет), а арагонит приобретает тёмно-фиолетовый цвет. Использование других реактивов позволяет определять присутствие иных минералов, более подробно с этими методиками можно ознакомиться в работе [10].

3. Текстурные и структурные особенности породы, наблюдение над органическими остатками. Эти данные необходимы для реконструкции условий формирования породы и во многих случаях легко фиксируются в полевых условиях без применения специальных методик. Так в известняках-ракушечниках отмечается хаотичное расположение детритового и терригенного материала, отражающее динамичность среды осадконакопления, либо выявляются определённые закономерности (ориентировка раковин параллельно поверхности напластования, ориентировка удлинённых раковин по направлению палеотечения и др.).

Во многих известняках значительную роль играют органические остатки, что требует уделять особое внимание их изучению. Описывая разрез, необходимо определять систематический состав остатков хотя бы до уровня рода (с использованием полевых атласов), указывать их сохранность (целые или детрит), форму обломков (угловатая или окатанная), размеры фрагментов, наличие сортировки материала, а также наличие следов жизнедеятельности организмов.

При необходимости более детального изучения карбонатных пород в полевых условиях могут быть использованы методики протравливания. Для этого используются гладкие сколы или специально полированные поверхности образца. Образец помещается в открытый сосуд вверх плоской гладкой поверхностью и ему придаётся горизонтальное положение, для этого удобно прикреплять образец к дну сосуда пластилином. Протравливание поверхности образца проводится соляной кислотой (разбавленной в соотношении 8 мл концентрированной HCl и 100 мл воды) на протяжении 2-5 минут. Для выявления тонких структур образец в сосуде покрывается слоем воды толщиной 5-10 мм, затем добавляется кислота до начала умеренного выделения пузырьков. После прохождения необходимого для протравливания времени кислотный раствор

удаляется пипеткой и в сосуд аккуратно доливается вода для промывки (либо протравленный образец вынимается и помещается в другой сосуд с водой).

Следует отметить, что предварительное полевое изучение образцов позволяет более рационально выбрать коллекцию образцов для проведения дальнейших более детальных исследований.

4. Конкреции и другие диагенетические образования, последовательность их выделения; состав и форма включений и прослоев.

5. Признаки, указывающие на наличие оруденения или примесей.

6. Объём отбираемых образцов и проб в каждом конкретном случае определяется целью и детальностью исследований. Схема изучения карбонатных пород приведена на рисунке 3. При общем изучении территории можно ограничиться отбором образцов для эталонной коллекции (при необходимости в последствии они могли быть использованы для изготовления шлифов и некоторых других аналитических исследований).

3.3 Методы исследования карбонатных пород и минералов

К настоящему времени разработан и успешно применяется целый арсенал методов, позволяющих детально изучать состав и особенности карбонатов (рисунок 3). Рассмотрим наиболее часто используемые методы, не требующие специального оборудования и сложной интерпретации результатов. Эти анализы могут быть самостоятельно проведены учащимися в рамках подготовки геологического отчёта по летней геологической практике.

Петрографическое изучение. Изучение шлифов известняков под микроскопом существенно дополняет данные предварительных полевых исследований. В шлифах удобно изучать структуру и текстуру породы, соотношение и характер составляющих породу компонентов, их распределение в породе, направление минеральных замещений, характер цемента. При этом важно определить количественное соотношение привнесённых частиц и химически осаждённого материала (микрита), количество, состав и особенности (размер, степень окатанности пр.) различных обломочных компонентов, по возможности, состав видимых микроорганизмов. Однако карбонатные минералы (кальцит, доломит, арагонит, анкерит) в породе под микроскопом различаются с трудом

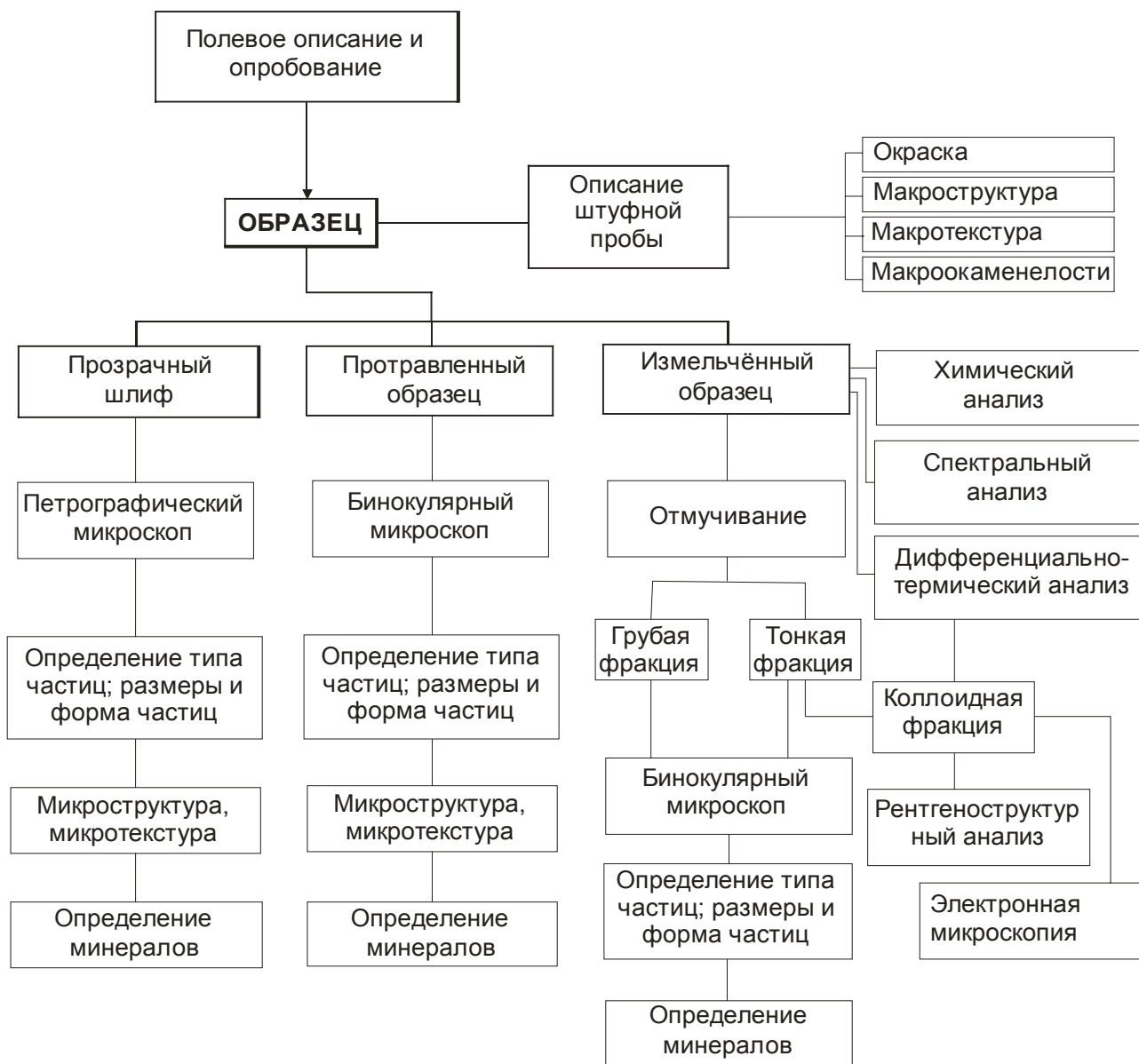


Рисунок 3 - Схема изучения карбонатных пород

ввиду близости оптических свойств, для их определения необходимы детальные петрографические исследования и применение иных методов диагностики (окрашивание, термический анализ и др.). В дислоцированных толщах по характеру деформированности кристаллов можно реконструировать поле напряжений.

Шлифы изготавливаются перпендикулярно слоистости. Порядок изучения и описания шлифов изложен во многих пособиях [14 и др.]. При микроскопическом исследовании полезно воспользоваться справочными пособиями, содержащими не только описание, но и иллюстрации структур и текстур [1, 2].

Выделение нерастворимого остатка и травление. Целями этих методов являются изучение количества и состава некарбонатных примесей в

породе, а также для выявления характера распределения этих примесей в породе. Следует подчеркнуть, что выделяемый путём растворения в кислотах нерастворимый остаток должен быть получен без значимого изменения его состава. Для этого необходимо использование слабых кислот, преимущественно уксусной.

Если необходимо выделить некарбонатный материал для дальнего его изучения, то суть сводится лишь к полному растворению карбонатной части образца. При этом наибольшую сложность, как отмечено выше, представляет сохранение глинистых минералов, структура которых легко нарушается при взаимодействии с кислотами. Одна из рекомендуемых методик такова.

1. Образец известняка весом около 150 г промывается или очищается щёткой в дистиллированной воде для удаления посторонних примесей и, затем, высушивается.
2. Образец дробится, и дробленый материал взвешивается и помещается в ёмкость, объёмом не менее 1500 мл. В ёмкость добавляется 100 мл дистиллированной воды и перемешивается.
3. В ёмкость добавляется 1000 мл уксусной кислоты концентрацией не выше 0,3 моль.
4. Периодически ёмкость взбалтывается до окончания реакции (реакция может продолжаться несколько дней). После окончания реакции с отстоявшегося осадка аккуратно сливают жидкость или проводят фильтрацию.
5. Приливается новая порция кислоты той же концентрации и цикл повторяется до полного прекращения реакции, при этом на дне ёмкости образуется тонкий нерастворимый остаток, содержащий как глинистый материал, так и другие компоненты. Остаток высушивается и взвешивается, что позволяет судить о количестве некарбонатного материала в составе исследуемого образца.
6. Отделяется глинистая часть путём отмучивания: к остатку приливается 300 мл дистиллированной воды, смесь перемешивается, после 2-минутного отстаивания, на протяжении которого более крупные частицы осаждаются на дно ёмкости, воду с содержащимся в ней глинистыми частицами сливают в другую ёмкость, объёмом 1500 мл. Процесс повторяется до тех пор, пока жидкость не станет прозрачной.
7. Полученная суспензия, содержащая тонкий глинистый материал, отстаивается на протяжении 2 часов. Затем осевший глинистый материал пипеткой помещается на стекло. Из осадка первой ёмкости могут быть извлечены остальные нерастворимые компоненты.

Состав полученного таким путём нерастворимого остатка может изучаться соответствующими аналитическими методами. В случае если нет необходимости дальнейшего исследования глинистых компонентов, процедура может быть упрощена за счёт использования более сильной кислоты; высушивание и взвешивание проводится после прекращения реакции.

Иногда задачей исследования является не только установления количества и состава некарбонатного материала, но и особенностей его распределения в породе. Такие исследования обычно проводятся при детальном изучении, когда недостаточно данных, полученных на основании изучения обычных петрографических шлифов. Для этого используется специальная методика изготовления прозрачных шлифов.

1. Из образца изготавливается стандартная прозрачная пластинка толщиной 0,03 мм и наклеивается на предметное стекло смолой. Изготовленный шлиф не покрывается сверху стеклом.
2. Шлиф нагревается на горелке до расплавления смолы. Расплавленная смола проникает в слагающие образец минералы; при этом, если нагревание длится не более 1 мин, то смола не успевает проникнуть в карбонатный материал и связывает лишь некарбонатные компоненты.
3. После отверждения смолы проводится травление шлифа 20%-ной уксусной или другой кислотой – большая часть карбонатного материала разрушается, и подчёркиваются особенности распределения глинистого и терригенного материала.

Более трудоёмкая методика заключается в предварительном травлении прозрачной пластинки шлифа.

1. Изготавливается прозрачная пластинка, полируемая со стороны, наклеиваемой на предметное стекло.
2. Пластинка погружается примерно на 5 мин в 20%-ную уксусную кислоту, затем промывается и высушивается.
3. Протравленная пластина наклеивается на предметное стекло и доводится до стандартной толщины 0,03 мм. Шлиф не покрывается сверху стеклом.
4. Шлиф помещается в кислоту (20%-ную уксусную, разбавленную или концентрированную соляную), и весь карбонатный материал полностью растворяется.
5. Оставшиеся нерастворимые минералы изучаются под микроскопом обычными методами после увлажнения шлифа водой.

Дифференциальный термический анализ. Метод ДТА широко используется для изучения состава известняков и других карбонатов. Суть метода

сводится к следующему. Небольшая навеска измельчённого образца (весом около 1 г) помещается в специальную термическую установку и постепенно нагревается. В процессе нагревания при определённой температуре в исследуемом образце происходят химические изменения (разложение минералов, реакции химических компонентов образца, приводящие к образованию новых минералов и пр.) или фазовые превращения (испарение, плавление), при этом преобразования, как известно, протекают с выделением тепла (экзотермические) или с его поглощением (эндотермические). При проведении ДТА тепловые изменения, происходящие в нагреваемом веществе, регистрируются прибором в виде кривой в системе координат: ордината – разность температур (Δt) между исследуемым веществом и термическим эталоном, абсцисса – температура нагрева вещества (T , °C). Зарегистрированная кривая называется кривой ДТА. Если в ходе нагревания исследуемый образец не испытывает никаких превращений, то кривая располагается параллельно оси абсцисс или под некоторым углом к ней; эта линия носит название базисной. В случае экзотермических преобразований на кривой ДТА фиксируется отклонение от базисной линии в виде направленного вверх пика (положительный термический эффект), в случае эндотермических – пик направлен в низ (рисунок 4). Поскольку каждый минерал обладает индивидуальными особенностями, то он будет характеризоваться и специфичным, присущим только ему, обликом кривой ДТА. При сопоставлении с эталонными кривыми, некоторые из которых приведены на рисунке 5, можно установить состав исследуемого образца.

Большинство приборов позволяют регистрировать не только график ДТА, но и ещё две важных характеристики – кривую изменения массы (ТГ) и дифференциально-термовесовую кривую (ДТГ). Кривая ТГ отражает изменения массы образца при нагревании. Для карбонатных пород такие изменения связаны в первую очередь с потерей CO_2 и выражены очень хорошо (рисунок 4). Кривая ДТГ является производной от кривой ТГ и выражает скорость изменения этой массы, т.е. скорость протекания реакции.

Термический анализ эффективен и при определении минерального состава выделенной из карбонатных пород глинистой фракции.

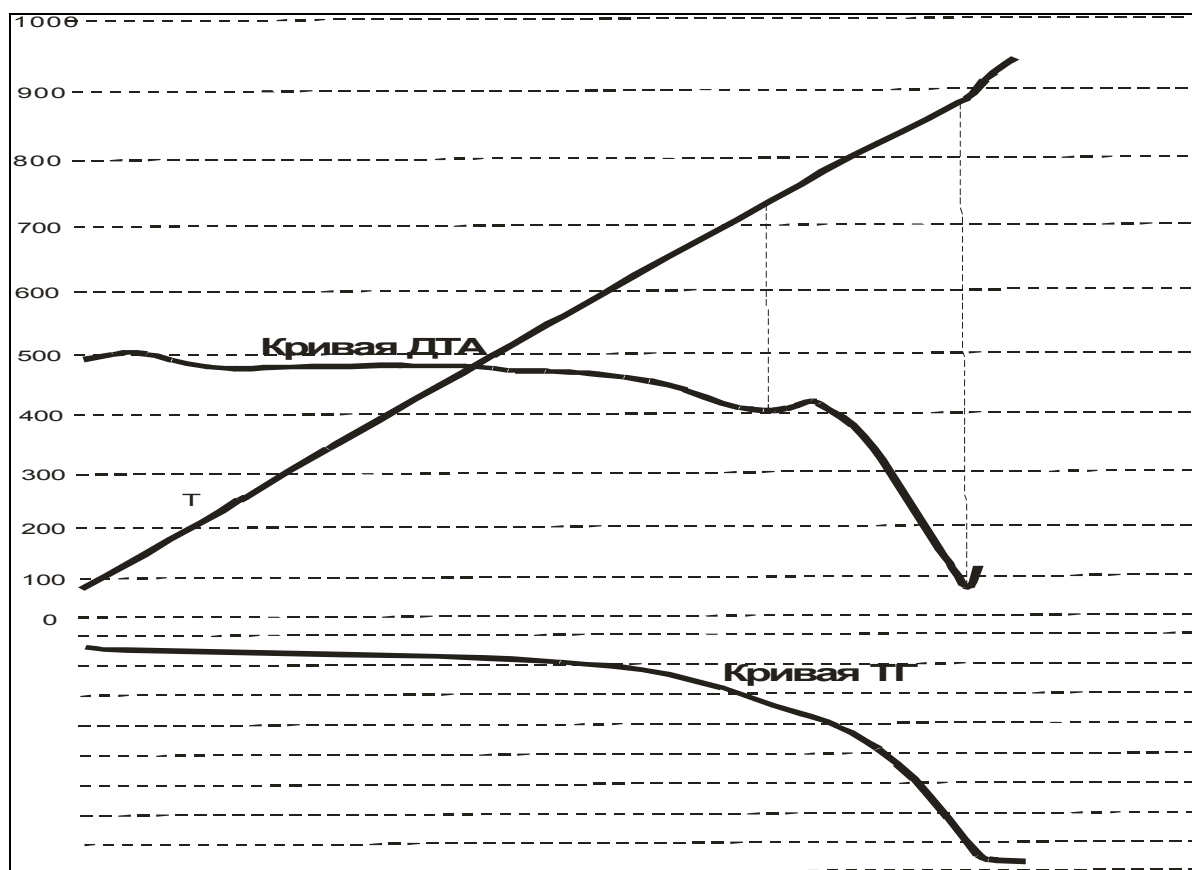


Рисунок 4 - Результаты дифференциального термического анализа известняка пелитоморфного глинистого (обр. 2020-10, средний сармат)

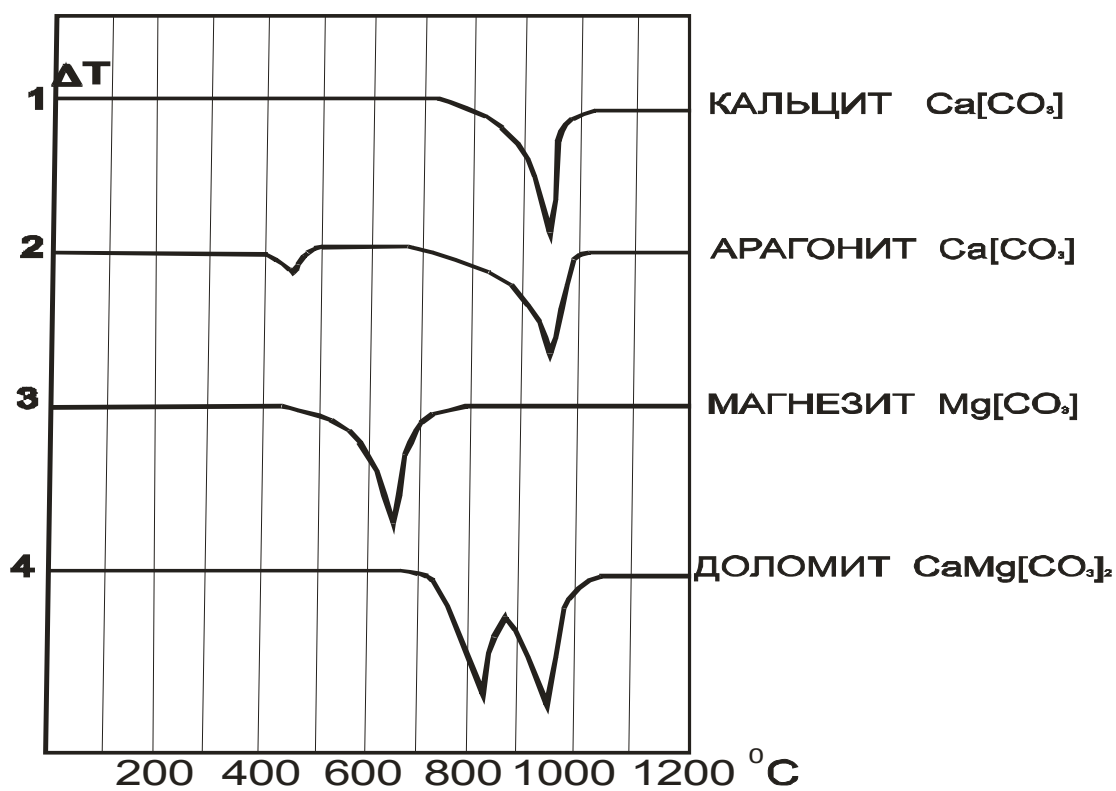


Рисунок 5. Эталонные кривые ДТА наиболее распространённых карбонатных минералов (по работе [4])

Порядок подготовки образцов для термического анализа, методика его проведения и интерпретации результатов подробно изложены в работе [19].

Химический анализ породы. Валовый химический анализ пробы горной породы позволяет определить количественное содержание в ней основных породообразующих элементов (таблица 1), но не позволяет выявить в составе каких минералов (или других компонентов породы) они находятся. Так аналитически определяемые CaO и CO_2 могут находиться в любом карбонатном минерале, в составе раковин организмов, в составе обломочных компонентов. Учитывая, что при литологическом изучении известняков наибольший интерес представляет именно компонентный состав породы, этот метод является малоинформативным. Если необходима оценка химического состава, следует иметь в виду, что наиболее целесообразно отбирать образцы тонкозернистых карбонатных пород с малым количеством примесей. Валовые анализы обломочных карбонатных пород и пород, содержащих существенную примесь терригенного материала малоинформативны.

Изучение состава жидких включений в породе. Газовые и жидкие включения являются одними из составляющих частей породы. Их изучение проводится при специальных исследованиях. Определение минерализации и ионного состава воды из включений требует её предварительного извлечения из породы. Одним из методов является изготовление водной вытяжки из измельчённой пробы породы дистиллированной водой. После экстрагирования определяется соответствующими лабораторными методами состав растворившихся в воде компонентов. Результаты анализа водной вытяжки из среднесарматского известняка приведены в таблице 2.

Таблица 2 Результаты анализа состава включений в среднесарматском известняке методом водной вытяжки (мг/л)

Ca^{2+}	Mg^{2+}	$[\text{HCO}_3]^-$	$[\text{Cl}]^-$	$[\text{SO}_4]^{2-}$	pH
12,8	3,16	51,24	4,24	-	5,7-5,8

Нужно заметить, что метод нельзя признать точным – в процессе изготовления водной вытяжки может происходить не только растворение содержимого жидких включений, но и некоторых твёрдых компонентов (соответственно, метод в принципе не применим к образцам, содержащим

легкорастворимые соли – NaCl, KCl и пр.). Тем более недопустимо судить по составу включений о характере вод бассейна осадконакопления.

Другие виды аналитических исследований, их значение и методика проведения изложены во многих специальных работах [10, 11, 13, 18 и др.].

4 Особенности изучения обломочных пород

4.1 Состав, классификация и номенклатура обломочных пород

Обломочные горные породы – это осадочные горные породы, состоящие целиком или в значительной степени из обломков различных горных пород и минералов. Общая классификация этих пород приведена в таблице 3.

Таблица 3 Классификация обломочных пород

Группа пород	Размер обломков, мм	Рыхлые породы		Сцементированные породы			
		окатанные	неокатанные	окатанные обломки		неокатанные обломки	
Грубообломочные (псефиты)	>200	ВАЛУНЫ	ГЛЫБЫ	КОНГЛОМЕРАТЫ	валунные	БРЕКЧИИ	глыбовые
	200 - 10	ГАЛЬКА	ЩЕБЕНЬ		галечные		щебневые
	10 - 2	ГРАВИЙ	ДРЕСВА		гравийные (гравелиты)		дресвяные (дресвяники)
Песчаные (псаммиты)	2 -0,1	ПЕСКИ		ПЕСЧАНИКИ			
Алевриты	0,1 – 0,01	АЛЕВРИТЫ		АЛЕВРОЛИТЫ			
Пелиты	<0,01	ГЛИНЫ		АРГИЛЛИТЫ			

Более подробно в пределах каждой из групп классификация проводится на основании соотношения обломков разных размерностей и минерально-петрографического состава слагающих породу обломков.

Породы относят к определенной разности, когда обломки соответствующей размерности (фракции) содержатся в количестве более 90% (песок

крупнозернистый – песок, содержащий более 90% зёрен размером 0,5 – 1 мм). Обычно порода содержит обломки разного размера, что необходимо отражать в названии породы: если 90% зерен сосредоточены в двух фракциях, то дается двойное название, причем на второе место ставится название той размерности, содержание которой больше (*конгломерат гравийно-галечный* - галечного материала в породе больше, чем гравийного). Если 90% частиц принадлежат более чем двум размерностям (содержание ни одна из фракций не достигает 50%), породу называют *плохоотсортированной*.

В зависимости от того, сколько минералов или пород участвует в составе, породы относят к мономиктовым, олигомиктовым или полимиктовым разностям. Мономиктовые породы – породы, состоящие на 90 % и более из обломков и той же породы или минерала. Олигомиктовые – породы, сложенные в основном обломками двух различных минералов или пород, или обломками одного минерала и одной породы (*например, песчаники, сложенные обломками кварца и кремнистых пород*). Полимиктовыми называют породы, сложенные обломками различных минералов и пород, содержащихся в соизмеримых количествах.

Крупнообломочными (или грубообломочными) породами называют обломочные породы, содержащие более 25% обломков, размером более 2 мм по длинной оси. В составе этих пород присутствуют три осинового элемента: 1) крупные обломки размером более 2 мм; 2) заполняющее вещество, представляющее более мелкий материал, отложившийся одновременно с крупными обломками (например, песок или обломки раковин); 3) цемент – связующее вещество сцементированных пород, образующее обычно после накопления обломочного материала.

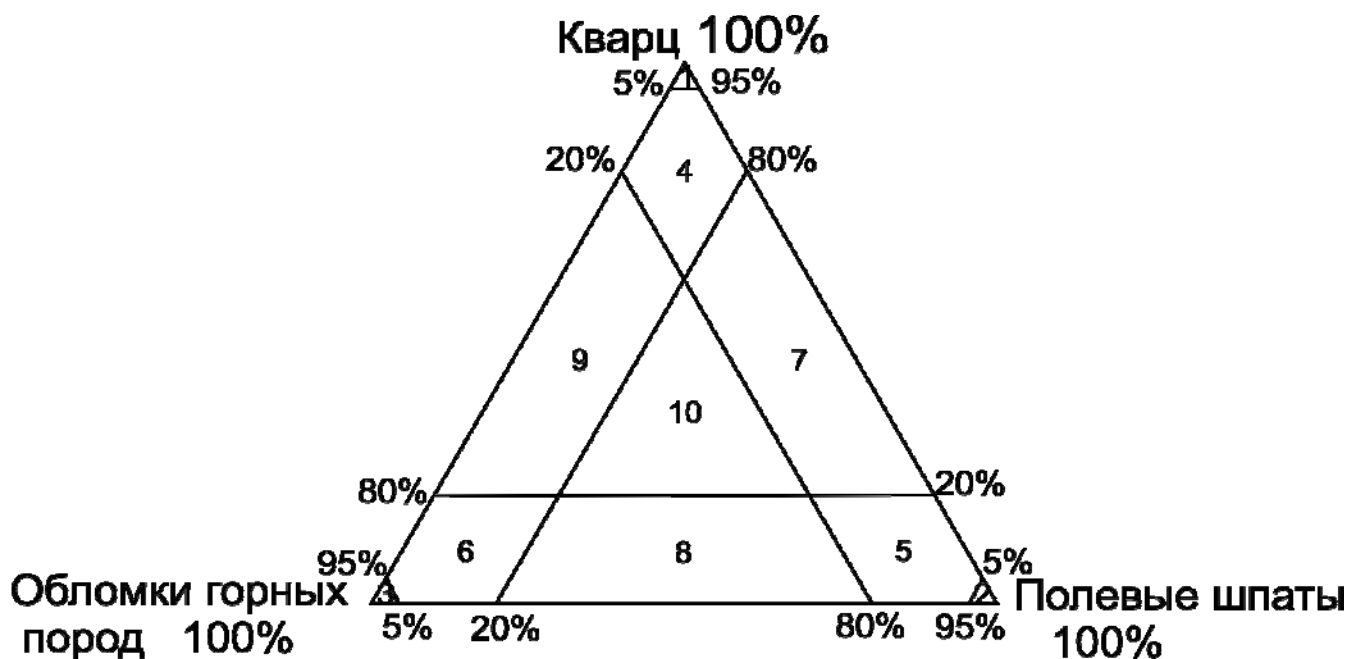
К мелкообломочным породам относят пески и алевриты и соответствующие сцементированные породы; их классификация приведена в таблице 4. Порода относят к песчаной или алевритовой, если содержание обломков соответствующей размерности более 50%.

К чистым разностям относятся породы, содержащие не более 5-10 % примесей. Если примесей 10-25% употребляется прилагательное с окончанием «-истый» (*гравелитистый песчаник, алевритистый песок*), а при содержании

Таблица 4 Классификация мелкообломочных пород

Группа пород	Размер обломков, мм	Рыхлые породы	Сцементированные породы
ПСАММИТЫ	2 - 1	ПЕСКИ	ПЕСЧАНИКИ
		ГРУБОЗЕРНИСТЫЕ	
	1 – 0,5	КРУПНОЗЕРНИСТЫЕ	
	0,5 – 0,25	СРЕДНЕЗЕРНИСТЫЕ	
	0,25 – 0,1	МЕЛКОЗЕРНИСТЫЕ	
АЛЕВРИТЫ	0,1 – 0,05	АЛЕВРИТЫ	АЛЕВРОЛИТЫ
		КРУПНОЗЕРНИСТЫЕ	
	0,05 – 0,01	МЕЛКОЗЕРНИСТЫЕ	

25-50% - с окончанием «-ый» (*гравелитовый песчаник, алевритовый песок*) или добавляется слово «сильно» (*сильно глинистый песок*). В названии породы обязательно должны указываться также главнейшие слагающие ее компоненты (петрографо-минеральный состав). В зависимости от количественного участия того или иного компонента и дается название породе (например, *кварцевый песчаник, кварцево-полевошпатовый песок, аркозовый или граувакковый песчаник*). Более точное определение породе можно будет дать после ее петрографического анализа в лабораторных условиях. Для удобства и наглядности классификации мелкообломочных пород по составу используют треугольные диаграммы. В вершинах треугольников проставляются основные компоненты песчано-алевритовых пород, классификация проводится на основании процентного соотношения этих компонентов. Один из вариантов классификации приведён на рисунке 6. Название породе дается в зависимости от того, к какой области она относится по количеству слагающих ее компонентов.



**Рисунок 6 - Классификация песчаных и алевроитовых пород,
по Н.В. Логвиненко**

Мономиктовые породы: 1 – кварцевые; 2 – полевошпатовые; 3 – литоидные.

Олигомиктовые: 4 – полевошпат-кварцевые; 5 – кварцево-полевошпатовые; 6 – кварцево-литоидные.

Полимиктовые: 7 – аркозовые; 8 – литоидные аркозы; 9 – граувакковые; 10 – породы смешанного состава – аркозо-граувакки.

4.2 Особенности полевого описания и изучения крупнообломочных пород

Основные особенности крупнообломочных пород могут быть достаточно детально изучены уже в полевых условиях. При этом рассматриваются следующие особенности.

1. Гранулометрический состав. Для рыхлых пород гранулометрический состав определяется ручной или механической сортировкой. Для сцементированных – конгломератов и брекчий – визуальной оценкой участия обломков разного размера (по наибольшему поперечнику), либо путём использования накладной сетки-палетки или путём прорисовывания очертаний обломков на наложенную на фрагмент обнажения кальку и последующим подсчетом.

2. Состав обломков. Визуально определяется состав обломков и, на основании содержащихся в них органических остатков или других признаков,

возраст слагающих их пород; для внутрiformационных горизонтов оценивается степень участия галек, представленных перемытыми породами вмещающей толщи, и галек принесённых пород; отмечаются гальки специфического состава или содержащие оруденение. Сведения о составе пород необходимы для определения источников сноса материала.

3. Окатанность обломков. По степени окатанности обломки подразделяются на следующие 5 групп:

- прекрасно окатанные – обломки яйцевидной или эллипсоидальной формы, лишённые угловатости и вогнутости;
- хорошо окатанные – обломки, частично сохранившие первоначальную форму, но лишённые угловатых очертаний, все поверхности округлены;
- умеренно окатанные (полуокатанные) – обломки с закруглёнными углами и умеренно выраженными очертаниями исходных обломков;
- слабо окатанные – обломки со слегка закруглёнными углами, с отчётливо выраженной исходной формой обломков
- неокатанные – обломки с острыми углами и рёбрами, сохранившие исходную форму.

Окатанность может быть оценена по пятибалльной шкале (от 0 до 4 баллов согласно шкале А.В. Хабакова), согласно которой неокатанные обломки получают нулевой балл, прекрасно окатанные – 4 балла (рисунок 7). Результаты изучения окатанности могут быть записаны в виде «формулы», в которой на первое место ставится количество прекрасно окатанных обломков, на последнее – неокатанных:

1 – 4 – 14 – 8 – 4 (31 обломок).

4. Характеристика цемента и заполняющего вещества. Проводится визуальная оценка количества грубообломочной части по отношению к цементу и наполнителю (в % указывается количество грубообломочных компонентов). Отмечается прочность цементации породы. Указывается состав наполнителя и цемента.

5. Текстура и определение ориентировки галек. В грубообломочных породах, как и других группах, выделяют текстуры слоистые (горизонтальнослоистые, косослоистые и пр.) и неслоистые, ориентированные и неориентированные. В случае закономерного расположения крупнообломочного материала отмечается его ориентировка относительно поверхности наложения (параллельно или под углом к поверхности напластования или контакту с

подстилающими породами) или относительно сторон света (в последнем случае проводятся замеры ориентировки горным компасом). Ориентировка определяется обычно для уплощённых галек, реже – для удлинённых. Изучение ориентировки необходимо для определения направления потока в момент формирования осадков.

При отборе образцов грубообломочных пород по возможности отдельно опробуют и изучают цементирующую массу и грубообломочную часть; изучаются литолого-петрографический состав, комплексы органических остатков, а также наличия рудной минерализации.

4.3 Особенности полевого описания и изучения мелкообломочных пород

Во время полевых исследований обращается внимание на следующие особенности.

1. Размер обломков и равномерность зернового состава. Эти параметры определяются визуально, либо с помощью диаграммы Василевского (приведённой на рисунке 8), либо рассыпая песок на листе бумаги-миллиметровки, либо применяя мерную лупу.

2. Состав и форма обломочного материала определяется приближённо с помощью лупы; указывается наличие рудных обломков.

3. Прочность цементации и состав цемента. Состав цемента определяется по реакции с кислотой, по размоканию породы в воде, по цвету и другим признакам.

4. Тектурные особенности. Определяется и описывается характер слоистости (рис. 9), производятся замеры господствующего направления падения косых слойков.

5. Состав включений и конкреций, присутствие фауны и флоры.

6. В отличие от крупнообломочных пород, рассматриваемые породы не могут быть столь детально изучены в полевых условиях, что определяет значимость лабораторно-аналитических исследований. Опробование должно предусматривать возможность определения гранулометрического состава пород, состава обломочной части и цемента, содержания и состава акцессорных минералов.

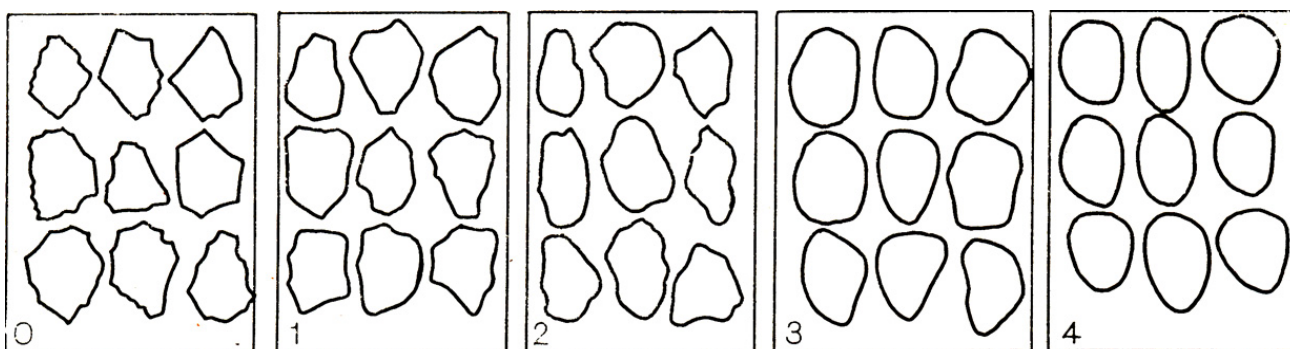


Рисунок 7 - Пятибалльная шкала для определения окатанности обломков
0, 1, 2, 3, 4, 5 – баллы окатанности

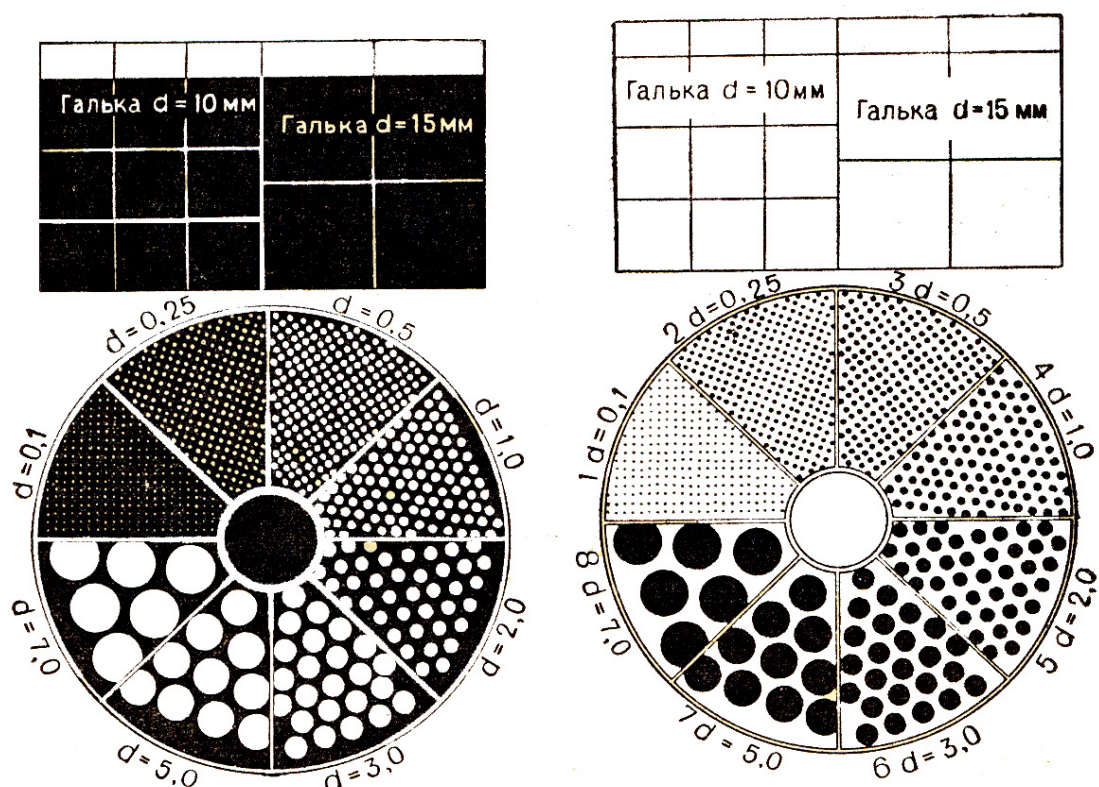


Рисунок 8 - Диаграммы Василевского для определения гранулометрического состава обломочных пород

Примечание к рисунку 8. Правая часть диаграммы для пород с светлоокрашенными зёрнами, левая – для пород со тёмноокрашенными зёрнами. Песок или гравий рассыпается на круг и под лупой определяется размер

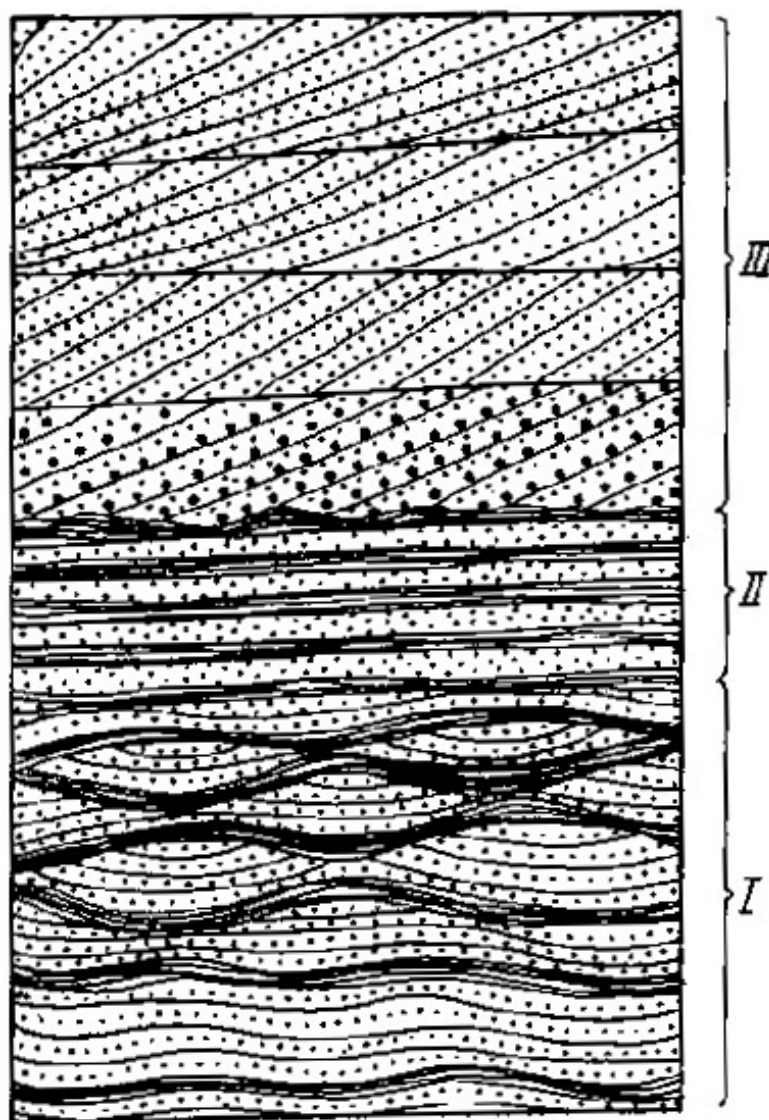


Рисунок 9 - Типы слоистости (по Л.Н. Ботвинкиной)

I – волнистая (вверху – линзовидная), II – горизонтальная, III - косая

4.4 Методы исследования мелкообломочных пород

Изучение гранулометрического и минерального состава

Выбор метода определения гранулометрического состава определяется двумя факторами – степенью сцементированности породы и размером обломков. Если порода сцементирована, то анализ начинается с процесса её дезинтеграции (измельчения). Способы различны и зависят от степени консолидации породы: растирание пальцами; легкое растирание в воде; встряхивание в сосуде с водой (с кипячением или без); легкое растирание пестом с резиновым наконечником в фарфоровой ступке. При дезинтеграции сцементированных пород могут быть использованы различные методы растворения цемента. Но чем выше степень

консолидации породы, тем грубее способы дезинтеграции и увеличивается вероятность нарушения первоначальных размеров частиц. Поэтому для крепко сцементированных песчаников и алевролитов наиболее приемлемым методом определения размера обломочных зёрен является изучение в шлифах под микроскопом.

Для рыхлых и дезинтегрированных проб выбор метода зависит от размера частиц: для пород с диаметром частиц больше 0,05 мм основным является ситовой метод, для более мелких частиц – методы, основанные на разной скорости осаждения частиц в воде в зависимости от их размера (метод пипетки, метод Сабанина, описанные в ряде пособий [5]).

Суть широко используемого ситового метода состоит в просеивании навески (100-200 г) через несколько сит, начиная с наиболее грубого и кончая наиболее тонким. Остатки пробы на каждом сите взвешивают, результаты выражают в весовых процентах от общей массы навески, соответствующих интервалу размеров между двумя соседними ситами (таблица 5). Выбор сечения ячеек сит определяется детальностью исследований, обычно используются сечения с шагом 1 мм или 0,05 мм.

**Таблица 5 Гранулометрический состав сарматских песков
Ещеуловского месторождения**

№ пробы	содержание глинистых и алевроитовых частиц, в %	размер отверстий сит, мм					
		2,5	1,25	0,63	0,3	0,14	прошло через сито 0,14
94	1,6	0,6	2,1	17,3	84,4	98	1,9
95	6,8	1,5	4,3	20,7	69,7	95,3	4,6
98	22,6	-	1,1	4,9	42,3	87,5	12,1
99	16,1	-	-	0,6	24,4	83,1	16,8
100	22,7	-	-	1	26,6	78,9	20,6
101	2,8	0,3	1,3	13,8	67,6	96,2	3,4
102	2,7	-	0,2	2,8	37,6	92,9	6,8

Для выделения фракций размером <0,05 и <0,01 мм можно использовать метод Сабанина. В дистиллированную воду всыпают дезинтегрированную породу и хорошо перемешивают. После перемешивания частицы начинают

осаждаться со скоростью, пропорциональной их гранулометрическому составу: крупные – быстрее, мелкие – медленнее. Для получения фракции $<0,05$ мм сливают верхние 6 см полученной суспензии через 30 секунд, фракции $<0,01$ мм – 2 см суспензии через 4 минуты. Из слитой суспензии после высушивания получается осадок соответствующей размерности.

Важнейшей задачей изучения пород является также определения минерального состава пород, проводящееся в шлифах или иммерсионных препаратах по стандартным методикам [14]. В ходе минералогического анализа выполняется тщательное описание встреченных минералов, определение их размеров, морфологических особенностей, оптических констант в иммерсионных жидкостях. Для выделения различных минералов применяется разделение по удельному весу в тяжёлых жидкостях с различной плотностью (бромформе, иодистом метиле, жидкости Туле, Клеричи), разделение минералов по магнитным и электромагнитным свойствам на различных электромагнитных сепараторах. Изучению подвергаются как породообразующие, так и акцессорные минералы. Эти данные дают не только информацию о составе породы и содержании в ней ценных минералов (например, алмазов, рудные минералы), но и могут указывать, из каких районов происходил снос обломочного материала.

На изучении минерального состава обломочных пород основан один из важных методов геологических исследований – шлиховой анализ. Его целью является выявление шлиховых ореолов – участков распространения в рыхлых отложениях повышенных содержаний полезных минералов или их индикаторных спутников [6]. Для выявления таких участков отбирают шлиховые пробы – фиксированное по объёму или массе количество рыхлого осадка глинисто-гравийно-песчаного состава. При промывке в воде с помощью лотка или других приспособлений из шлиховой пробы извлекается концентрат тяжёлых минералов – шлих. Шлиховые аномалии связаны в основном с гравийно-песчаными фракциями обломочных пород; при этом рудные минералы, обладающие высокой плотностью, концентрируются в нижних горизонтах разреза обломочных образований, лежащих непосредственно на коренных породах (плотике). Наиболее благоприятны для шлихового анализа плохоотсортированные отложения. Не подлежат шлиховому опробованию тонкообломочные хорошо

сортированные породы: глины, илы, мелкозернистые кварцевые пески; так как они почти не содержат тяжелой фракции.

Правильный выбор места шлихового отбора определяет получение наилучших результатов. Шлиховые пробы отбирают в тех участках русел рек, где уменьшается скорость водного потока и происходит накопление транспортируемого обломочного материала: головные части кос, крутые повороты русла на выпуклых изгибах берега, пляжи, отмели, старицы, выходы пород коренного ложа русла.

После промывки шлихи высушивают естественным путем – на солнце и хранят в двойных бумажных пакетах. Далее шлих взвешивают, выделяют гранулометрические классы с помощью ситового анализа, при необходимости шлих подвергается магнитной сепарации, сепарации по плотности, электрической сепарации. Далее начинается диагностика минералов шлиха с использованием методик минералогического анализа.

Термический анализ. Дополняет минералого-петрографические исследования, позволяя в частности уточнять состав цемента или диагностировать отдельные минеральные зёрна.

Химический анализ породы. Валовый химический анализ мелкозернистых пород, как и в случае с карбонатами, имеет второстепенное значение. В случае классификации по вещественному составу целесообразнее использовать данные о минеральном составе, хотя известны и классификационные диаграммы, разделяющие мелкообломочные породы на основании особенностей их химического состава [16].

5 Особенности изучения глинистых пород

К этому классу относятся породы с преобладающим размером частиц менее 0,01 мм; значительная часть представлена тонкодисперсными частицами размером менее 0,001 мм. Классификация глинистых пород основана на их минеральном составе. Основными минеральными типами глин являются каолинитовый, гидрослюдистый и монтмориллонитовый (иногда важную роль играет ещё один глинистый минерал – палыгорскит). В качестве примесей могут присутствовать карбонатные, терригенные или иные компоненты. Их присутствие, как и у описанных выше пород, отражается в названии (*например, песчанистая глина*).

5.1 Особенности полевого описания и изучения глинистых пород

1. Степень сцементированности породы, пластичность.

2. Гранулометрический состав породы: степень её песчанистости. Обязательно выделяются песчанистые, алевроитовые, известковистые, соленосные глины. Относительное содержание мелкозернистых терригенных компонентов оценивается на ощупь, «на зуб» по хрусту песчинок, скатываем «колбасок» (слабопесчанистые глины свёртываются без излома, супеси дают трещины).

3. Минералогический тип глин: принадлежность её к группе существенно каолинитовых, гидрослюдистых или монтмориллонитовых глин. В обнажениях каолинитовые глины образуют устойчивый выпуклый естественный откос, монтмориллонитовые – оплывающий вогнутый склон.

Простейшим способом определения состава глин в образце является реакция на набухание. На ровный срез сухого образца глины осторожно наносится капля воды. Монтмориллонитовые глины, набухая, образуют бугорок; каолинитовые глины впитывают воду, сохраняя ровную поверхность среза.

Полевое определение состава глин может быть проведено и с использованием методов окрашивания.

1. Тонкий порошок глины (около 0,5 г) насыпают в пробирку, заливают водой, энергично взбалтывают и оставляют отстаиваться 3-4 ч.
2. Верхний слой толщиной около 2 см глинистой суспензии сливают в чистую пробирку и приливают равный объём 0,001%-го водного раствора метиленовой синьки. Смесь взбалтывают.
3. Суспензию глины + раствор метиленовой синьки делят пополам; к одной половине приливают 1-2 капли насыщенного раствора хлористого калия, взбалтывают. Обе пробирки оставляют на сутки.
4. Через сутки цвет суспензии сравнивается с данными, приведёнными в таблице 6.

Окрашивание может проводиться и другими методами, например, с использованием бензидина (таблица 6).

4. Структурные и текстурные особенности породы. Визуально определяются структуры, связанные с присутствием обломочного материала (по М.Ф. Викуловой): пелитовые, алевро-пелитовые и песчано-пелитовые.

Таблица 6 Диагностические признаки глин по реакциям окрашивания

Тип глин	Отношение к воде	Цвет суспензии при окрашивании	
		метиленовой синькой + KCl	бензидином
Каолинитовая	Малопластичная, не набухает	Фиолетовый	Не окрашивается
Гидрослюдистая	Малопластичная, не набухает	Фиолетово-синий, иногда с зеленоватым оттенком	Серый и тёмно-серый до чёрного
Монтмориллонитовая	Высокопластичная сильно набухает	Голубовато-зелёный, зелёный	Интенсивно синий

5. Включения, конкреции, органические остатки. Следует иметь в виду, что в глинистых породах часто хорошо сохраняется фауна и микрофауна, при этом она может быть достаточно легко извлечена из породы.

Малые размеры слагающих глинистые породы частиц делают необходимым дополнение полевых данных результатами лабораторно-аналитических исследований. В связи с этим целесообразно проводить опробование с учётом необходимости проведения дополнительных исследований. При детальном исследовании структур и текстур породы необходимы образцы для их изучения на пришлифовках и в тонких шлифах. Также отбираются пробы для установления минерального состава глин и выделения микрофауны.

5.2 Методы исследования глинистых пород и минералов

При аналитических исследованиях валовые пробы глинистых пород обычно используются для определения содержания микроэлементов и технологической характеристики. Минералогическому анализу подвергается фракция менее 0,001 мм (коллоидная фракция), получаемая путём отмучивания.

Основным методом изучения минерального состава глин является рентгеновский, дополнительными – термический, химический и электронная микроскопия. Интерпретация результатов этих анализов, применительно к глинистым породам, сложна и описана в специальных работах.

Список использованной и рекомендуемой литературы

1. Атлас текстур и структур осадочных пород. Ч. 1: Обломочные и глинистые породы. – М.: Госгеолтехиздат. 1962. - 578 с.
2. Атлас текстур и структур осадочных пород. Ч. 2: Карбонатные породы. – М.: Госгеолтехиздат. 1969. - 707 с.
3. Геологическая документация при геологосъёмочных и поисковых работах (Методическое пособие по геологической съёмке масштаба 1:500000. Вып. 14. ВСЕГЕИ) / А.И. Бурдэ, А.А. Высоцкий, А.Н. Олейников и др. – Л.: Недра, 1984. - 271 с.
4. Геология СССР. Т.46. Ростовская, Волгоградская, Астраханская области и Калмыкская АССР. Геологическое описание. М.: Недра, 1969. - 666 с.
5. Гриффитс Дж. Научные методы исследования осадочных пород. / Под ред. В.К. Знаменской. – М.: Мир. 1971. - 421 с.
6. Захарова Е.М. Шлиховой метод поисков полезных ископаемых: Учебное пособие для техникумов. – М.: Недра. 1989. - 160 с.
7. Инструкция по организации и производству геологосъёмочных работ и составлению Государственной геологической карты СССР масштаба 1:50000 (1:25000). – Л., 1987. - 243 с.
8. Инструкция по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200000. – М. 1995. - 244 с.
9. Карбонатные породы. Генезис, распространение, классификация. Т. 1. / Под ред. Дж. Чилингара, Г. Бисселла, Р. Фэйрбриджа. – М.: Мир. 1970. - 396 с.
10. Карбонатные породы. Физико-химическая характеристика и методы исследований. Т. 2. / Под ред. Дж. Чилингара, Г. Бисселла, Р. Фэйрбриджа. – М.: Мир. 1971.
11. Логвиненко Н.В., Сергеева Э.И. Методы определения осадочных пород. Л. 1986. - 240 с.
12. Закруткин В.В., Зайцев А. В., Пушкарский Е.М. История геологического развития Ростовской области. Ростов–на–Дону.: УПЛ РГУ, 1995. - 26 с.
13. Методы изучения осадочных пород. – М.: Недра. 1957.
14. Наумов В.А. Оптические методы определения компонентов осадочных пород. М. 1981. - 203 с.

15. Петтиджон Ф.Д. Осадочные породы. – М.: Недра. 1981. - 751 с.
16. Петтиджон Ф., Поттер П., Сивер Р. Пески и песчаники. – М.: Мир. 1976. - 535 с.
17. Полевая геология: Справочное руководство. Кн. 1. / Под ред. В.В. Лаврова, А.С. Кумпана. – Л.: Недра. 1989. - 400 с.
18. Справочник по литологии. / Под ред. Н.Б. Вассоевича, В.Л.Либровича, Н.В. Логвиненко, В.И. Марченко. – М.: Недра, 1983. - 509 с.
19. Термический анализ минералов и горных пород. / Иванова В.П. и др. - Л.: Недра. 1974. - 399 с.
20. Требования к унифицированной документации геологических данных при ГСР-200. / Колмак Л.М., Старченко В.В., Соколов Р.И., Коновалов А.Л. - СПб. 1995. - 38 с.
21. Фролов В.Т. Руководство к лабораторным занятиям по петрографии осадочных пород. – М.: Изд-во МГУ. 1964. – 309 с.
22. Швецов М.С. Петрография осадочных пород. – М.: Госгеолтехиздат, 1958. – 416 с.
23. Щилов В.Т., Попов Ю.В. Рабочая программа с методическими указаниями по первой учебной геологической практике. – Ростов–на–Дону.: УПЛ РГУ, 2003. – 24 с.