

УДК 551.25

ЛИТИТОВЫЕ АРЕНИТЫ

И.М. Симанович

Геологический институт РАН, Москва

Поступила в редакцию 21.04.15

Лититовые арены — песчаные полимиктовые породы, содержащие менее 10–15% матрикса, характерные для мощных разрезов деформированных комплексов пассивных окраин континентов, молодых платформ, угленосных и современных аллювиальных отложений. Установлено, что в осадочных бассейнах пассивных окраин континентов и молодых платформ осуществляется два типа постседиментационных преобразований лититовых аренов. Первый тип — литогенез погружения (катагенез). Второй тип — наложенные зональные изменения, обусловленные тепловыми потоками и деформацией пород в периоды тектонических перестроек.

Ключевые слова: песчаные породы, состав, литогенез, катагенез, формации, сверхглубокая скважина СГ-7.

Вещественный состав терригенных пород, в первую очередь песчаных, включает в себе максимум информации об усредненном составе питающих провинций геологического прошлого и об особенностях строения и истории развития изучаемой области. Состав компонентов песчаников указывает на тип источников сноса, поставивших материал в осадочные бассейны, а их смена во времени — на историю развития изучаемой территории.

Состав главных компонентов, слагающих песчаные породы, чаще всего отражается на треугольных диаграммах типа (Q — F — L), т.е. кварц — полевые шпаты — обломки пород соответствуют 100% в углах этих диаграмм. В современных литологических исследованиях в отечественных публикациях нередко используются диаграммы В.Д. Шутова (1967) и В.Д. Шванова (1987).

Зарубежные исследователи (Петтиджон и др., 1976; Dott, 1964; Folk, 1968 и др.) используют четырехкомпонентную классификационную систему: кварц — полевые шпаты — обломки пород — матрикс, понимая под матриксом тонкозернистую (< 30 мкм) составляющую песчаных пород. По данным этих исследователей пески и песчаники, содержащие более 10–15% матрикса (в том числе и глинистых минералов), следует считать вакками, т.е. глинисто-алевритистыми песками и песчаниками. Наиболее типичными представителями вакк являются граувакки, однако существуют и описаны аркозовые, кварц-полевошпатовые и даже кварцевые вакки. Термин «матрикс» с трудом приживается в отечественных публикациях: исследователи предпочитают название «глинистый цемент». А в некоторых классификациях (Коссовская, 1962; Рухин, 1969; Шутов, 1967) глинистый цемент полностью исключен как классификационный признак петрографических типов песчаных пород. Однако, если принять, как рекомендует Ф. Петтиджон с соавто-

рами (1976), верхний предел размерности частиц в матриксе 30 мкм (что кажется разумным, так как в мутьевых потоках транспортируются не только тонкоотмученные глинистые минералы, но и мельчайшие класты каркасных минералов и обломков пород), становится очевидным, что термином «глинистый цемент» невозможно корректно описать заполнение пор в вакках. К сожалению, не всегда удается различать истинный матрикс — первичную взвесь, транспортировавшуюся мутьевыми потоками, и псевдоматрикс, образующийся в песчаных породах за счет раздавливания и деформации глинистых и глинисто-алевритовых обломков; речные системы дренируют на водосборах глинисто-алевритовые породы различной степени литификации — от размокающих глинистых сланцев до филлитов. Если первые легко разрушаются уже в диагенезе и в шлифах почти неотличимы от истинного матрикса, то сильно измененные обломки сохраняют внутреннюю мелкозернистую структуру, хотя и деформируются в процессе диагенеза. Матрикс также может замещаться химически осажденным карбонатным цементом; в катагенетических процессах матрикс часто замещается хлоритом и цеолитами.

При изучении песчаных пород процентное содержание и состав матрикса необходимо учитывать по следующим причинам:

1. Типичные вакки по гранулометрическому составу одномодальны, т.е. наблюдается постепенный переход в пределах образца (пласта) от грубых зерен к тонкозернистой фракции, следовательно, тонкозернистая составляющая граувакк (а также вакк иного состава) отражает общий минеральный и химический состав пород.

2. Невозможно использовать валовые химические анализы на петрогенные и малые элементы для сравнения с модальным составом пород, если

из рассмотрения исключен матрикс и учитываются только обломочные компоненты.

3. Аутигенез (синтез вторичных минералов) в ваках происходит в основном за счет вещества матрикса.

«Аренит» — термин латинского происхождения («arena» — песок) применяется в зарубежной геологической и литологической литературе для обозначения отмытых от матрикса терригенных песчаных пород любого состава.

Распространение и состав лититовых аренитов

Лититовые арениты (или субграувакки, по ранней классификации Ф. Петтиджона) характерны для осадочных бассейнов шельфовых зон пассивных окраин континентов и складчатых поясов, возникших в результате орогенеза и деформации терригенных комплексов этих осадочных бассейнов. Большинство песчаников, связанных с угленосными отложениями, а также терригенные чехлы молодых платформ обычно представлены лититовыми аренитами. Лититовые арениты широко распространены и составляют не менее 20–25% всего объема песчаников (Петтиджон и др., 1976).

В отличие от них, кварцевые арениты отлагались в основном в пределах стабильных участков кратонов. Кварцевые арениты широко распространены на всех платформах, в том числе и на Восточно-Европейской.

По составу обломочной части лититовые арениты и граувакки (содержащие более 10–15% матрикса) могут быть идентичными или различаться в зависимости от источников сноса. Однако первые (лититовые арениты) характерны для шельфовых зон осадочных бассейнов пассивных окраин континентов (например, юра Северного Кавказа), где в условиях формирования дельт происходила глубокая гранулометрическая дифференциация привносимого реками терригенного материала (Гаврилов, 2005). Граувакки (содержащие более 10–15% матрикса), напротив, типичны для складчато-покровных областей, возникших за счет деформации осадочных бассейнов активных окраин континентов.

Таким образом, следует четко различать типичные граувакки («эвгеосинклинальные») и лититовые арениты («субграувакки»), характерные для иных типов осадочных бассейнов. Как в том, так и в другом случае состав кластогенных минералов и обломков пород, зависящий от пород, размывающихся в питающих провинциях, соответствует полям, выделенным на классификационных треугольниках В.Д. Шутова (1967) и В.Н. Шванова (1987), поэтому такие диаграммы могут с успехом использоваться при изучении типичных граувакк, лититовых, аркозовых, кварц-полевошпатовых и кварцевых аренитов.

Необходимо подчеркнуть, что, несмотря на генетическую близость двух крупных семейств песчаных

пород — вакк (в том числе граувакк) и аренитов (кварцевых, кварц-полевошпатовых, аркозовых, лититовых), они существенно различаются на уровне формаций, иногда — фаций. Они формируются в различных по геодинамическим условиям бассейнах осадконакопления и слагают крупные участки осадочной оболочки Земли. Поэтому, изучая песчаные комплексы, необходимо проводить специальные исследования, направленные на выявление формационной принадлежности исследуемых объектов.

В отличие от кварцевых аренитов, лититовые арениты являются незрелыми песчаными породами и образуются, как правило, за счет физического выветривания и денудации фанерозойских горных сооружений, возникших в результате коллизионных процессов, при которых отложения пассивных окраин континентов подверглись складчатости, кливажу и метаморфизму.

По данным Ф. Петтиджона и др. (1976), среди песчаных пород лититовые арениты отличаются наибольшим разнообразием минералогического и химического состава, что обусловлено обилием обломков пород, которые могут составлять до 50% и более обломочного костяка породы. Общая черта обломков пород в лититовых аренитах — тонкозернистость. Наиболее часто описываются метаморфические обломки пород низких ступеней метаморфизма (кристаллические сланцы, филлиты и слюдистые сланцы); осадочные породы — глинистые сланцы, алевролиты, аргиллиты; вулканические обломки, обычно с афанитовой структурой. Часто встречаются также обломочные зерна кремней.

Кварц обычно преобладает среди прочих обломочных компонентов, его содержание в лититовых аренитах колеблется от 30 до 60%. Содержание полевых шпатов низкое (обычно до 10%), что обусловлено происхождением лититовых аренитов за счет осадочных и слабометаморфизованных пород. В заметном количестве может присутствовать обломочная слюда, обычно скапливающаяся на плоскостях напластования, придавая блеск этим плоскостям. Часто встречаются обломки угля (фюзен), а в ряде случаев, например в Дагестане, в толщах лититовых аренитов отмечаются пласты угля (Фролов, 1965). По данным Ф. Петтиджона с соавторами (1976), большинство песчаников, связанных с угленосными отложениями, представлены лититовыми аренитами. Например, угленосные песчаники Вестфальского угольного бассейна Бельгии и Франции являются ими.

Тонкозернистый матрикс или отсутствует, или же составляет до 15% объема пород, однако непрочные глинистые обломки, особенно в уплотненных породах, нередко разрушаются, принимая облик псевдоматрикса; раздавленные частицы с трудом различаются от настоящего матрикса.

В отличие от кварцевых аренитов, в которых акцессории представлены устойчивыми к выветриванию минералами (например, цирконом и турмали-

ном), в лититовых аренитах комплекс минералов «тяжелой фракции» весьма разнообразен, что позволило ряду выдающихся ученых (Батулин, Гроссгейм, Коссовская и др.) выполнить глубокие исследования по определению питающих провинций.

Лититовые арениты широко распространены во всех возрастных подразделениях фанерозоя, составляя 20–25% всех песчаных пород. Геодинамические условия осадконакопления этих пород чрезвычайно разнообразны. Они слагают мощные складчатые сооружения (палеозой Аппалачей, юрские отложения Кавказа), возникшие за счет коллизионной деформации осадочных комплексов пассивных континентальных окраин (ранее их считали типичными миогеосинклинальными образованиями). Третичная моласса в Северных Альпах также в основном представлена лититовыми аренитами. Эти породы присутствуют и в меловых и третичных флишевых формациях. Отмечаются морские турбидитные лититовые арениты третичного возраста, а также в современных глубоких морях. Мощные, часто нефтегазоносные разрезы молодых платформ (Западная Сибирь) также в основном представлены лититовыми аренитами, чередующимися с алевролитами и глинистыми породами. Большинство современных песков по составу являются лититовыми аренитами.

В фациальном отношении хорошо промытые лититовые пески характерны для аллювиальных отложений и особенно для мощных дельтовых лопастей склонов пассивных окраин континентов (Верхоянье, Дагестан). В отличие от кварцевых аренитов, в которых количество глинисто-алевритовых прослоев незначительно, лититовые пески и песчаники обычно часто переслаиваются с тонкозернистыми породами, что облегчает их складчатые деформации в условиях коллизионного сжатия, а при обилии глинистых и алевроитовых прослоев способствует развитию кливажа.

Постседиментационные преобразования лититовых аренитов

Геодинамика и тип коры (литосферы) определяют особенности осадочных бассейнов (ОБ): механизм их образования, термальный режим, типы осадочных формаций, мощность осадочного выполнения. Геодинамическими особенностями ОБ различных типов также обусловлены закономерности седиментации и постседиментационных преобразований. Процессы, преобразующие осадочные породы, в частности лититовые арениты, предопределяются их накоплением в том или ином типе ОБ, а также их последующей геодинамической эволюцией. Мы различаем недеформированные и деформированные ОБ (Симанович, Япаскерт, 2002, 2005). Одни ОБ (например, синеклизы древних и молодых платформ) остаются практически недеформированными на протяжении длительных

отрезков геологического времени. Другие (пассивные окраины континентов) могут оставаться в состоянии относительного тектонического покоя в течение многих миллионов лет, после чего вовлекаются в складчато-надвиговые деформации.

Западная Сибирь. Вторичные преобразования лититовых аренитов молодых платформ исследованы на примере Ен-Яхинской сверхглубокой скважины СГ-7 (Симанович, Горбачев, 2011). Разрез скважины изучен начиная с глубины 3620 и до 6920 м (кровля базальтов). До глубины ~6770 м наблюдается постепенное нарастание интенсивности катагенетического преобразования песчаных пород — структур растворения и регенерации кварца. Увеличение степени преобразования глинистых минералов в этом интервале не отмечено; колебание процентного содержания иллита, гидрослюды, смешаннослойных минералов, смектита, хлорита и каолинита на разных глубинах вскрытого разреза связано с изменением источников сноса по мере накопления осадочных комплексов (рис. 1). Крупнозернистые песчаные породы среднего триаса (надбазальтовая толща) преобразованы значительно интенсивнее: в них появляются микростилолитовые структуры под давлением, рекристаллизационный бластез обломочного кварца, а также обнаружены новообразованные выделения цоизита. Изменяется также состав глинистых минералов (рис. 1–3): слюды представлены серицитом с $\Delta D = 0$, отмечаются железистый хлорит и каолинит. Эти признаки указывают на отсутствие линейного роста T и P по мере погружения осадочных комплексов. Интенсивный (до 200–300°C) прогрев надбазальтовых отложений среднего триаса обусловлен температурным воздействием долгоживущего суперплюма, с которым, до отложения осадочных толщ, была связана трапповая деятельность — интенсивные излияния базальтовых лав. По-видимому, метаморфизм погружения в чистом виде не осуществляется в рифтогенных осадочных бассейнах. Формирование рифтогенных структур с базальтовым или иным магматизмом обусловлено возникновением астеносферных суперплюмов.

Пассивные окраины континентов. Постседиментационные литогенетические процессы в недеформированных и деформированных осадочных бассейнах происходят по различным сценариям, определяющимся флюидным режимом. По представлениям А.А. Маракушева (1988), флюидный режим недеформированного ОБ характеризуется относительным равенством литостатического и флюидного давления ($P_s = P_f$), что даже при повышенных температурах препятствует протеканию главных метаморфических реакций — дегидратации и декарбонатизации. При стрессовых деформациях осадочных толщ литостатическое давление становится значительно больше флюидного ($P_s > P_f$).

В статье И.М. Симановича и др. (2004) на примере тоар-ааленских отложений Северного Кавказа

Глубина, км	Система, отдел	Литология	Конформ. структуры	Регенера ция кварца	Бластез кварца	Микрости лолиты	Глинистые минералы (%)				
							Иллит	Гидро- слюда	Каоли- нит	Хлорит	Смеш. слоин.
4	К ₁						29	-	-	64	7
	Ж ₃						31	-	17	35	17
5	Ж ₂						26	20	11	39	4
							-	49	-	48	3
6	Ж ₁						57	-	-	39	4
							-	26	23	38	13
							82	-	-	12	6
7	Т ₃						-	39	-	36	25
							-	28	-	64	8
							-	33	-	24	32
							-	14	7	71	8
8							30	-	40	30	-
							67	-	33	-	-
8							68	-	32	-	-

Рис. 1. Схема интенсивности постседиментационных преобразований терригенных пород в разрезе скв. СГ-7

(Южный Дагестан) рассмотрено влияние геодинамических факторов на осадконакопление и постседиментационный литогенез лититовых аренитов при смене режима от пассивной континентальной окраины к активной. Толщи однотипны по строению и представлены ритмичным чередованием песчаников, алевролитов и аргиллитов. Значительная часть исследованного района относится к складчатоглыбовой зоне Бокового хребта. В пределах этой зоны развиты симметричные и асимметричные, иногда опрокинутые остроугольные и округлые складки, часто осложненные мелкой складчатостью.

Песчаники однообразны. Макроскопически это плотные массивные, реже — тонкослоистые мелко- и среднезернистые породы. Матрикс практически отсутствует. Кварц составляет 45–50%, плагиоклаз 8–15%, обломки пород 40–50%, обломочные слюды 1–3%. Акцессорные минералы — циркон, турмалин, сфен и апатит.

В юрских лититовых аренитах Южного Дагестана интенсивно развиты структуры растворения между обломочными зернами — конформные и инкорпорационные контакты. Однако переотло-

жения растворенного вещества внутри пласта не происходило, о чем свидетельствует полное отсутствие регенерационных каемок на обломочных зернах кварца. Прожилки, состоящие из кварца и хлорита, рассекают песчаники во всех направлениях (рис. 4). Эти прожилки, контуры которых расплывчаты, являются зонами фильтрации растворов, которые формировались в ослабленных зонах еще не полностью литифицированных песчаников. Прожилки поздних генераций, формировавшиеся в результате дробления окаменевших пород, всегда рассекают зоны фильтрации. Это наблюдение позволяет предположить, что формирование структур растворения под давлением, сопровождавшееся выносом кремнекислоты и других компонентов за пределы пластов, происходило в иных, по сравнению с литогенезом погружения, флюидных условиях, при $P_s > P_f$, характерных для процессов, происходящих в динамических условиях складкообразования.

Мы предполагаем, что к моменту начала складкообразования пласты юрских лититовых аренитов в пределах изученного региона не были лити-

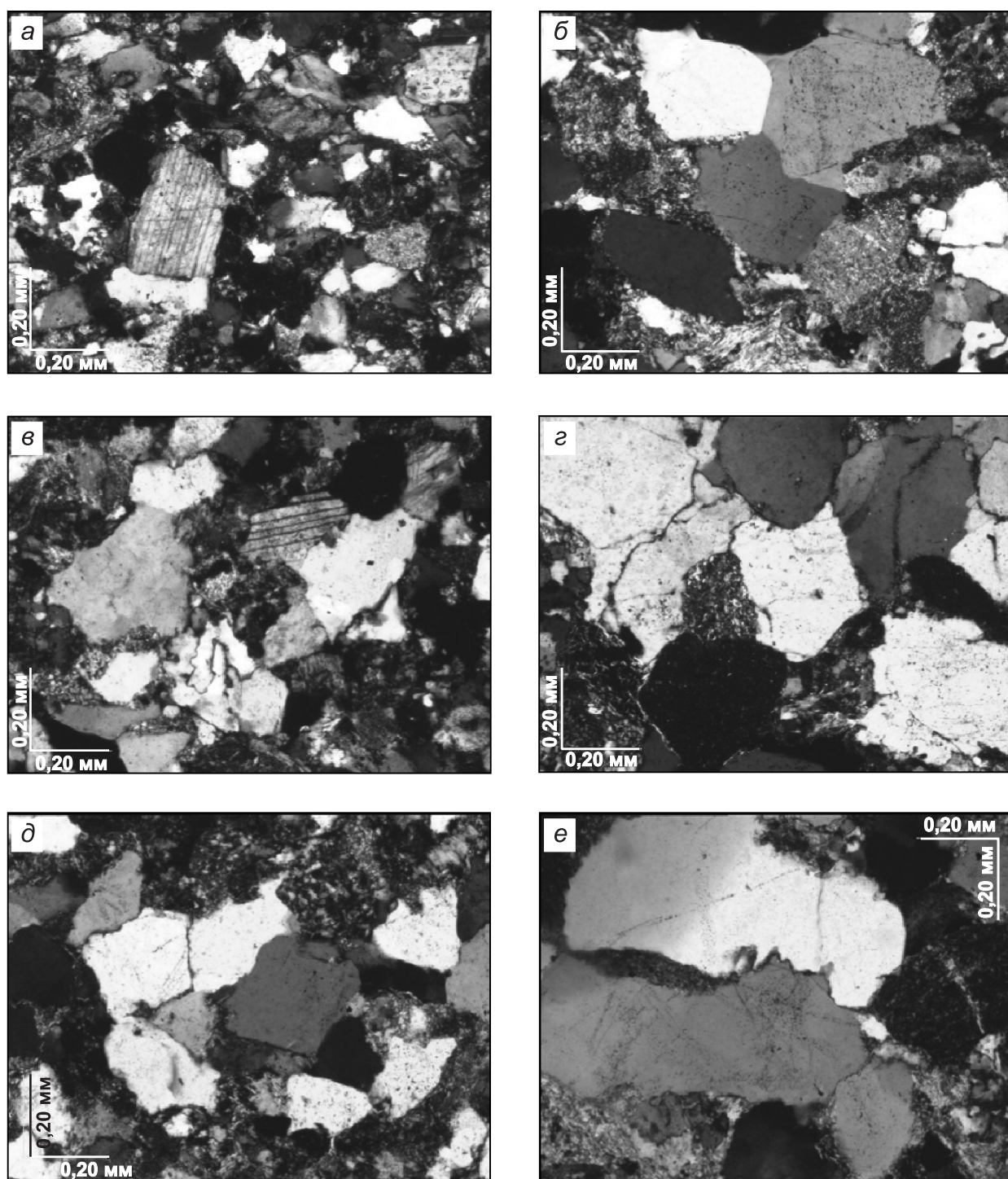


Рис. 2. Микрофотографии структур песчаных пород из разреза скважины СГ-7: а — структура песчаника. Слабо проявлены конформные контакты между зернами. Николи скрещены (мел, гл. 3826 м); б — отчетливо проявлены структуры растворения под давлением. Николи скрещены (средняя юра, гл. 4828 м); в — конформные контакты и регенерация обломочных зерен кварца. Николи скрещены (верхний триас, гл. 5575 м); г — регенерация обломочных зерен кварца. Николи скрещены (верхний триас, гл. 5618 м); д — конформно-регенерационная структура песчаника. Николи скрещены (верхний триас, гл. 6092 м); е — микро-стилолитовый контакт между обломочными зернами. Николи скрещены (средний триас, гл. 6773 м)

фицированы. Литификация произошла в условиях сжатия при складкообразовании. Следовательно, катагенез песчаных пород, предшествующий складчатости, не проявился. Процессы превращения юрских лититовых аренитов в литифицированные породы в условиях сжатия и высокой динамиче-

ской активности можно квалифицировать как динамический (орогенный) литогенез (Симанович, Япаскурт, 2002).

Процессы орогенного литогенеза лититовых аренитов тоар-ааленского возраста, по-видимому, развивались прерывисто-непрерывно в обстановке

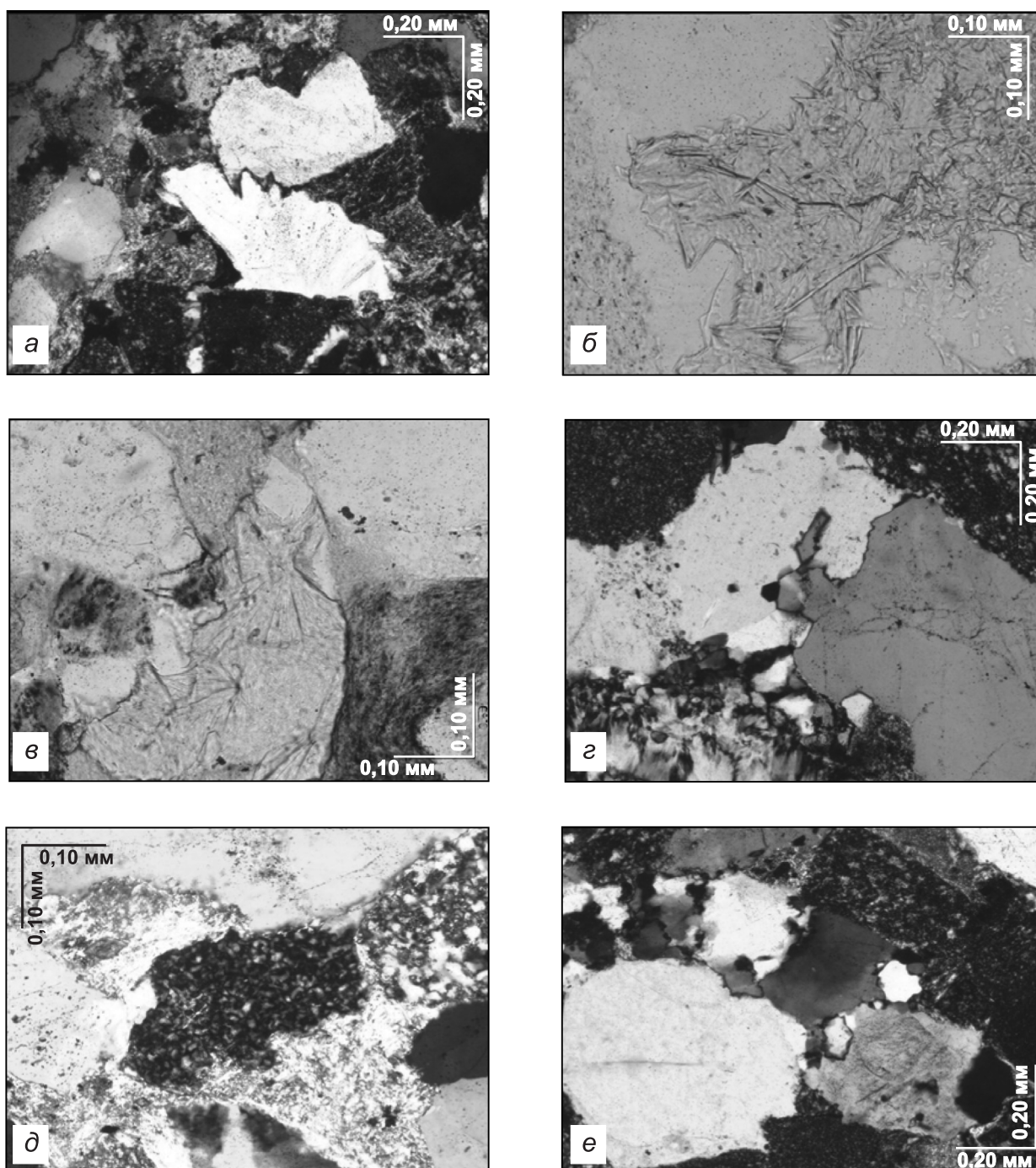


Рис. 3. Микрофотографии различных проявлений вторичных преобразований в нижней части разреза терригенных пород скв. СГ-7: а — структуры растворения под давлением между обломочными зернами. Николи скрещены (средний триас, гл. 6773 м); б — выделение цоизита. Без анализатора (средний триас, гл. 6773 м); в — псевдоморфоза каолинита по обломочному зерну полевого шпата. Без анализатора (средний триас, гл. 6806 м); г — цоизит. Без анализатора (средний триас, гл. 6806 м); д — рекристаллизационный бластез на контакте обломочных зерен кварца. Николи скрещены (средний триас, гл. 6806 м); е — рекристаллизационный бластез кварца. Николи скрещены (средний триас, гл. 6806 м)

сильного сжатия, что сопровождалось сокращением площади бассейна, интенсификацией и усложнением складчатости и, главное, увеличением степени литификации литовых аренигов. В результате окаменения тоар-ааленских осадков образовался упор, фронтальная часть которого при столкновении с Закавказским массивом была кливажирована.

Это событие произошло 180–190 млн лет назад, в конце амагматической фазы субдукции (Ломизе, Панов, 2002).

В осадочных бассейнах пассивных окраин континентов осуществляются также преобразования литовых аренигов, возникающие под воздействием тепловых потоков и деформации пород в перио-

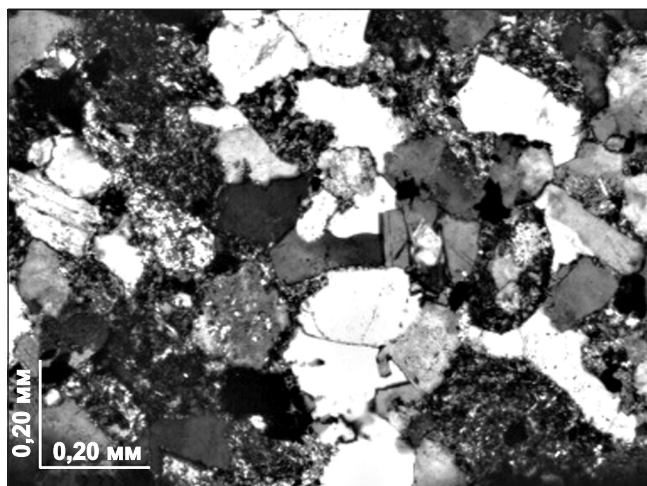


Рис. 4. Кварцевый прожилок в песчанике. Дагестан

ды тектонической перестройки и формирования складчатых систем (Симанович, Тучкова, 2010).

ЛИТЕРАТУРА

Гаврилов Ю.О. Динамика формирования юрского терригенного комплекса Большого Кавказа: седиментология, геохимия, постседиментационные преобразования. М.: ГЕОС, 2005. 250 с.

Коссовская А.Г. Минералогия мезозойского терригенного комплекса Вилуйской синеклизы и западного Верхоянья // Тр. Геол. ин-та АН СССР. Вып. 63. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 204 с.

Ломизе М.Г., Панов Д.И. Геодинамика окраины Тетиса к началу формирования байосской порфиритовой серии (амагматическая фаза субдукции) // Тр. Геол. ин-та АН Грузии. Нов. сер. 2002. Вып. 117. С. 358–369.

Маракушев А.А. Петрогенезис. М.: Недра, 1988. 293 с.
Петтиджон Ф., Поттер П., Сивер Р. Пески и песчаники. М.: Мир, 1976. 534 с.

Рухин Л.Б. Основы литологии. Л.: Недра, 1969. 703 с.

Симанович И.М., Головин Д.И., Буякайте М.И., Виноградов В.И., Сахаров Б.А. и др. О влиянии геодинамических процессов на постседиментационный литогенез юрских терригенных комплексов Кавказа (Южный Дагестан) // Литология и полезн. ископаемые. 2004. № 6. С. 638–650.

Симанович И.М., Горбачев В.И. Катагенез и метаморфизм погружения терригенных и вулканогенных толщ (разрез, вскрытый параметрической скважиной СГ-7,

Ен-Яхинской) // Литология и полезн. ископаемые. 2011. № 1. С. 94–106.

Симанович И.М., Тучкова М.И. Постдиагенетические преобразования терригенных комплексов в складчатых и в платформенных областях: сравнительный анализ // Литосфера. 2010. № 4. С. 3–17.

Симанович И.М., Янаскурт О.В. Геодинамические типы постседиментационных литогенетических процессов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол. 2002. № 6. С. 20–31.

Симанович И.М., Янаскурт О.В. Осадочные бассейны и постседиментационный литогенез терригенных толщ // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол. 2005. № 4. С. 24–31.

Фролов В.Т. Опыт и методика комплексных стратиграфо-литологических исследований (на примере отложений Дагестана). М.: Изд-во Моск. ун-та, 1965. 180 с.

Шванов В.Н. Петрография песчаных пород. Л.: Недра, 1987. 209 с.

Шутов В.Д. Классификация песчаников // Литология и полезн. ископаемые. 1967. № 6. С. 86–103.

Dott R.L. Wakke, greywacke and matrix — What approach to immature sandstone classification? // J. Sed. Petrol. 1964. Vol. 34. P. 625–632.

Folk R.L. Petrology of sedimentary rocks. Texas. 1968. 170 p.

Выводы

Недеформированные лититовые арениты молодых платформ, как правило, подверглись процессам катагенеза погружения. Показано, что постепенное увеличение степени преобразования в зонах рифтогенеза не происходит, так как формирование рифтогенных структур с базальтовым магматизмом в основании разреза обусловлено существованием астеносферных суперплюмов.

В осадочных бассейнах пассивных окраин континентов осуществляется как минимум два типа преобразований лититовых аренитов. Первый тип — литогенез погружения. Второй тип — наложенные зональные изменения, не коррелирующиеся с глубиной погружения, но возникающие под действием тепловых потоков и деформации пород в периоды тектонической перестройки осадочных бассейнов и формирования складчатых систем.

LITITIC ARENITES

I.M. Simanovich

Lititic arenites containing 10–15% matrix are typical for deformed margins of continents, the young platforms, coal-bearing and modern alluvial deposits. In sedimentary basins of the passive margins the continents implement two type post-sedimentation changes of lititic arenites. The first type caused by heat flow, the second — by deformation during tectonic movements.

Key words: sand rocks, composition, lithogenesis, catagenesis, formations, super-deep well SG-7.

Сведения об авторе: Симанович Игорь Максимович — вед. науч. сотр. ГИН РАН; e-mail: simanovich.i@gmail.com