

УДК 553.068.5:533.411

Փ. ՐԱԴՋԱԵ, Յ. Խ. ԽԱՐԱԶՅԱՆ

ПРИЧИНЫ КРАСНОЙ ОКРАСКИ НИЖНЕЙ КРАСНОЦВЕТНОЙ ФОРМАЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ИРАНА

В статье приводятся результаты исследований по выявлению причин образования красного пигмента в нижней красноцветной формации (НКФ) Центрального Ирана (нижний олигоцен). Эта континентальная формация состоит из слоев конгломератов, песчаников, известняков и аргиллитов. На породах описываемой формации несогласно залегают олигоцен-миоценовые морские отложения формации Кум. Минеральный состав и текстурные особенности исследованных слоев показывают, что первоначально слои НКФ не были окрашены, хотя некоторая часть красителей поступила из зоны осадкообразования. Предполагается, что в окраске пород данной формации главную роль сыграли диагенетические процессы.

Введение. Авторами исследована нижняя красноцветная формация (НКФ) осадочных пород Центрального Ирана. Согласно ранее проведенным работам, красная расцветка осадочных слоев связана с большим содержанием окислов и гидроокислов железа, включая гематит, лимонит, гетит или их смеси с другими окислами железа [1–8].

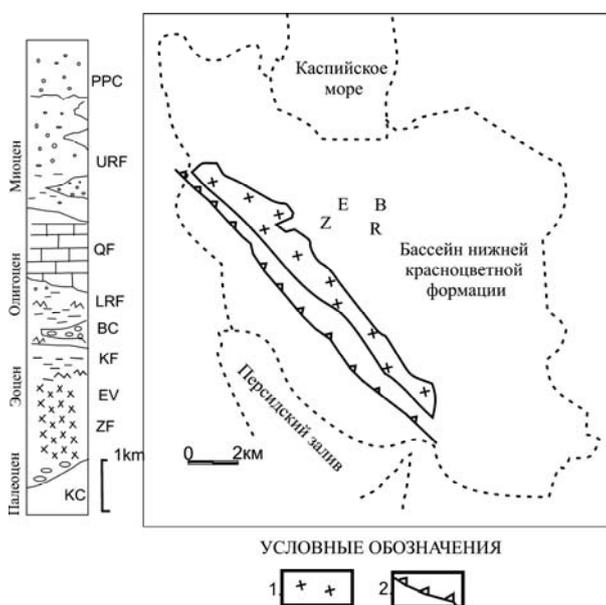
Вопросы происхождения красного красителя в осадочных породах дискуссионны. Ранее предполагалось, что гематит является главным источником красного красителя, образовавшегося в латеритовых грунтах. В результате эрозионных процессов он поступал в новый бассейн осадконакопления в условиях влажного тропического или субтропического климата [3]. Результаты исследований [7, 8] показывают, что окрашивание слоев в красный цвет происходило также в постседиментационный период. Разрез НКФ – основного источника образования верхней красноцветной формации (ВКФ) – представлен чередующимися красноватыми слоями песчаников, аргиллитов и конгломератов. В разрезе местами присутствуют слои известняков, эвапоритов и мраморов, которые также имеют красноватую окраску.

НКФ является лучшим примером красноцветных разрезов Центрального Ирана, имеющих различный литологический состав, мощность и цвет. Описываемая формация представлена осадочными породами седиментационной и постседиментационной стадий, из-за чего возникают трудности при определении происхождения красного пигмента.

В статье рассмотрены вопросы происхождения красных красителей, период окрашивания и другие сопутствующие процессы. Данная работа

также дает важную информацию о палеоклимате, истории диagenеза и среде осадконакопления изучаемой формации.

Геологические условия. Геологическое развитие территории Центрального Ирана происходило во время активных тектонических процессов, когда юго-западная часть этой территории (Хузестанская платформа) была частью Аравийской плиты, которая погружалась под Центрально-Иранскую плиту вдоль Загросского сдвигового пояса, протягивающегося с северо-запада на юго-восток. Субдукция началась во время позднемеловой ларамийской фазы складчатости (сжатия), приведшей к замыканию высокого Загросского альпийского океана, что, возможно, продолжается до настоящего времени. В последующем территория Центрального Ирана подверглась региональному метаморфизму, сопровождавшемуся активным вулканизмом. В это время происходило общее поднятие земной коры [9]. Следующая мощная



1. Вулканические породы эоцена.
2. Сдвиговое нарушение Загроса.

Рис. 1. Схематическая карта распространения НКФ в Центральном Иране и стратиграфический разрез кайнозоя [10]. Z – обнажение Яздана, R – обнажение Руд-е-Шор, E – обнажение Еван-е-Кай, B – обнажение Бон-е-Кух, KC – конгломераты Кермана, ZF – формация Зиарата, EV – эоценовые вулканогенные породы, KF – формация Конда, BC – конгломераты основания, LRF – нижняя красноцветная формация, QF – формация Кум, URF – верхняя красноцветная формация, PPC – плио-плейстоценовые конгломераты.

НКФ является одной из важнейших неогеновых обломочных формаций, в которую обломочный материал поступал из областей поднятия (рис. 1). Верхнемиоценовые терригенные отложения Центрального Ирана осаждались в ограниченном разломами клинообразном бассейне юго-восточного простирания [10]. Этот бассейн с севера и северо-востока ограничен

вулканическая активность на территории Центрального Ирана развивалась в эоцене, после столкновения Аравийской и Евразийской плит из-за субдукции вдоль Загросского сдвига. Это столкновение сопровождалось интенсивными процессами складчатости, возникновением разрывных нарушений и постепенным поднятием горных цепей, приведших к образованию современного рельефа Центрального Ирана. Во время средне- и позднеальпийской складчатости продолжалось поднятие горных цепей, после которого последовало прогибание их центральной части [1, 9]. В результате этого сформировались современные физико-географические условия Центрального Ирана, представляющего собой высокогорье с межгорными прогибами.

эоценовыми пирокластическими породами формации Кум, верхней красноцветной формацией и плио-плейстоценовыми конгломератами, а с южной и юго-западной стороны – эоценовыми вулканитами (нижними членами формации Кум).

Методика работы. Данная работа является частью исследований происхождения и среды осадконакопления НКФ Центрального Ирана. Два мощных разреза (5100 м и 1800 м) обнажаются соответственно в северной и южной окраинах бассейна и дают достаточную информацию о составе, структуре, диагенетических процессах и среде осадконакопления. В полевых условиях производилось подробное описание пород, а в лаборатории – их микроанализ. После рекогносцировки почти всех обнажений, описанных в фондовых материалах, в южной части бассейна для детальных исследований были выбраны разрезы Яздан (нижняя часть) и Руд-е-Шор (верхняя часть) исследуемой формации. Разрезы Бон-е-Кух и Еван-е-Кай были выбраны для описания северного края формации (рис. 1). Опробование образцов производилось по литологическим разновидностям. Из обнажений Яздан и Руд-е-Шор отобрано 400 образцов, из Еван-е-Кей – 380 образцов, из Бон-е Кух – 100 образцов. После быстрого сканирования выбрано 160 образцов из южной и 172 из северной окраин бассейна. Для детальных исследований структуры, состава и диагенетических процессов главными объектами полевых исследований были минеральный состав, размеры частиц и изменение цвета составляющих частиц, их продольное и вертикальное распространение, взаимосвязь литологических фаций с соседствующими единицами, внутренние и внешние текстурные особенности и их структуры. На основании исследований составлены разрезы этих обнажений [10]. Все образцы с красной окраской были исследованы для определения химического состава и структурных свойств красителей. Минеральный состав определен по рентгеновскому дифракционному анализу порошка с помощью сканирующего электронного микроскопа (SEM, модель JSM 6400), оснащенного компьютерным рентгеновским энерго-дисперсионным анализатором. Структурные особенности были исследованы поляризационным микроскопом ПОЛАМ. Частота встречаемости минералов подсчитана методом Газзи-Дикинсона [11].

Результаты и обсуждение. Красители из окислов железа в красноватых слоях НКФ встречаются в аморфном и микрокристаллическом виде. Желто-красные гидроокислы железа (лимонит) аморфные, а гематиты хорошо и средне закристаллизованные.

В южных разрезах района исследований более 80% слоев имеют красную или близкую к ней окраску: красно-коричневую, розовую, желто-коричневую и коричневую. В разрезах северных окраин красные слои составляют около 65%. Другие расцветки осадочных пород в основном представлены зеленым, серым и близкими к ним цветами. В отдельных слоях интенсивность красного цвета увеличивается с глубиной. Более яркий красный цвет наблюдается в мелкозернистых фациях (рис. 2, а). Наличие гипса и других эвапоритов связано с запрудами в поймах рек [10]. Поэтому в верхних частях разрезов в аргиллитах наблюдается некоторая степень выцветивания на поверхности. В определенных слоях мелкозернистый материал и цемент более сильно окрашены в красный цвет, чем грубозернистая составляющая.



Рис. 2. а) Порода содержит гематит в виде хорошо и среднеокатанных красных обломков аргиллитов в песчаниках, свидетельствующих об обломочном происхождении красных красителей; б) окисленные остатки дерева в неокрашенном песчанике свидетельствуют о постседиментационном образовании красных красителей.

Конгломераты обычно имеют зеленовато-сероватую окраску, и только цемент в них окрашен в красный цвет. Выцветание окрашенных пород часто происходит в гипсоносных фациях, которые нами исследованы в некоторых разрезах. Обесцвечивание может быть результатом избытка реагентов (органический материал, сероводород), уменьшающих количество железа.

В результате анализа минерального состава различных образцов пород установлена четкая взаимосвязь между увеличением количества железосодержащих минералов и уменьшением размеров зерен литологических фаций.

Зерна непрозрачных минералов обычно встречаются в образцах и аншлифах НКФ. Здесь магнетит, содержащийся в слоях песчаников, легко определить с помощью магнита. Окислы железа представлены серией твердых растворов магнетит-шпинелей и ильменит-гематитов, которые называются железо-титанитами.

Главным силикатом железа в фациях южной окраины осадочного бассейна является пироксен, представленный авгитом. Содержание амфиболов и хлоритов здесь не превышает 1%. В отдельных образцах иногда встречается глауконит. В образцах фаций северной части бассейна основными железосодержащими силикатами являются биотит и хлорит, а амфиболы и глауконит встречаются редко.

В обеих частях исследованного района вулканическое стекло является главным составляющим фаций. Анализы показывают, что оно имеет высокое содержание железа. Лимонит, гетит и гематит в большинстве случаев встречаются в верхних слоях формации, а на глубине они встречаются редко. Их аналоги наблюдаются также в современных отложениях, поступающих из НКФ. Петрографические исследования показывают, что в этих породах источником красных красителей являются именно эти минералы.

Красные красители в НКФ встречаются в виде оболочек вокруг зерен пород, хотя они могут появляться также в цементе и трещинах. Они являются результатом замещения железосодержащих минералов – гематита, ильменита, титаномагнетита. Здесь происходит также превращение авгита в гематит.

Происхождение красных пигментов связано с тремя источниками: а) прямое поступление из зоны осадкообразования; б) дегидратация желтых и желто-коричневых гидроокислов железа; в) изменение железосодержащих минералов на месте.

Прямое поступление из зоны осадкообразования. Нижеследующие факты показывают, что некоторая часть красителей НКФ поступила из зоны осадкообразования.

- Содержание красных аргиллитов в составе светло-красных и желто-коричневых аллювиальных песчаников указывает на то, что они являются результатом выветривания и переноса аргиллитов (рис. 2, а). Темно-красный цвет аргиллитов свидетельствует о том, что железо сконцентрировалось в аргиллитах до выветривания [12].

- Неустойчивые железосодержащие минералы разрушались в результате выветривания пород зоны осадкообразования, тем самым служили красителем пород ВКФ [10]. Такие сильные изменения несомненно приводили к образованию красных красителей в осадках до того, как они попадали в бассейн осадконакопления.

- В современных осадочных породах, образовавшихся за счет пород ВКФ, петрографическим и рентгеноструктурным анализами обнаружены окислы железа: гематит, лимонит и гетит, а также глины, богатые железом. При исследовании сканирующим электронным микроскопом глинистых фракций выявлено, что красные красители главным образом являются покрытием глинистых частиц.

- Глинистые частицы НКФ содержат больше железа, и на них более интенсивно распространены пятна гематита. Это объясняется оседанием коричневого гидроокисла железа, впоследствии переходящего в гематит [2, 6, 13]. Следует предполагать, что окислительные условия зоны осадконакопления благоприятствовали трансформации железных гидроокислов в гематит. Процессы осадконакопления контролировали концентрацию гидроокисла железа в глинистых осадках, а окрашивание происходило после осаждения. Значительное содержание гематита в современных отложениях свидетельствует о том, что некоторая часть красных пигментов поступила из зоны осадконакопления. Ассоциация красных слоев с эвапоритами и известняковыми брекчиями свидетельствует об аридных условиях региона [6]. Большое количество новообразованных полевых шпатов и пироксена в породах НКФ свидетельствует о том, что климатические условия не благоприятствовали интенсивному выветриванию и образованию яркого красного цвета. При сильном выветривании эти неустойчивые минералы не смогли бы сохраниться в зоне осадконакопления, а на их месте могли образоваться богатые железом породы [14]. Следовательно, обломочная часть красных пигментов частично поступила из прежде существовавших красноцветных слоев. Это могло произойти за счет пород нижней красноцветной формации [10].

Дегидратация гидроокислов железа. Гидроокислы железа, имеющие оттенки от желтого до коричневого, обобщенно называющиеся лимонитом, выявлены как в породах НКФ, так и в современных отложениях, поступивших из зоны осадконакопления. Они в большом количестве встречаются в

глинистых фациях в виде оболочек, покрывающих глинистые частицы. Более того, частичное изменение железосодержащих минералов в зоне осадкообразования указывает на то, что в породах НКФ содержалось некоторое количество лимонита первичного осаждения. Многие исследователи красноцветных слоев предполагают, что тонкозернистый лимонит при температурных колебаниях неустойчив и с течением геологического времени постепенно превращается в гематит [1, 15].

Изменение железосодержащих минералов на месте. Образование красного цвета также связано с окислением авгита и биотита после осадконакопления. Здесь наблюдаются псевдоморфозы гематита по биотиту. Замещение кальцита и цеолита цементом окисла железа в разных стадиях свидетельствует о том, что покраснение отложений происходило в стадии позднего диагенеза. Образование кальцитового цемента с некоторым содержанием железа больше встречается в фациях северной части бассейна. Здесь замещение некоторых железосодержащих силикатов железистым известковым цементом приводит к увеличению количества железа в поровых водах. Ископаемые красные остатки дерева, погруженные в основную массу породы, несомненно свидетельствуют о постседиментационном окрашивании (рис. 2, б).

Анализ стадии осадконакопления и процессов, ответственных за пигментацию, а также исследования НКФ указывают на то, что основная масса была окрашена во время диагенеза, а не при осадконакоплении.

Красители образовались путем дегидратации железистых гидроокислов, а также промежуточными изменениями других железистых минералов. Последние, возможно, были самыми обычными процессами для образования пигментов, которые начались растворением зерен пород при гидролизе. С помощью петрографического анализа были исследованы стадии растворения железосодержащих минералов. Выявлено, что основная масса железа в виде гематита осаждалась в окисляющей щелочной поровой воде [7]. Железо с течением времени могло осаждаться также из его гидроокислов, переходящих в гематит по следующей реакции [16]: $2\text{FeO}(\text{OH})$ (гетит) \rightarrow Fe_2O_3 (гематит) $+\text{H}_2\text{O}$.

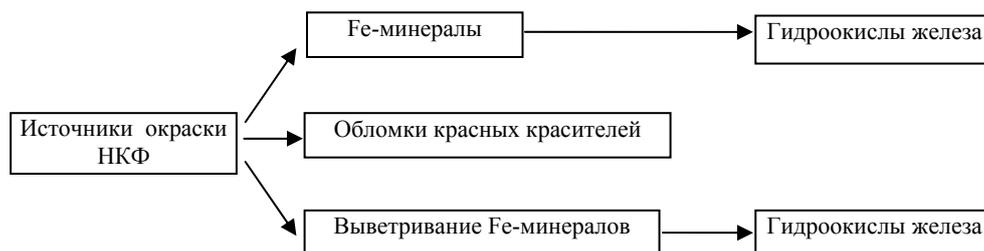


Рис. 3. Обобщающая диаграмма главных процессов красной пигментации НКФ.

В грубообломочных фациях причиной красной пигментации является проникновение красных железосодержащих глин в поровые пространства. Образование глин с содержанием железа происходит за счет замещения железосодержащих минералов и вулканического стекла. В некоторых образ-

цах биотиты и авгиты замещены железосодержащей глиной [17]. Замещение же остатков дерева гематитом является другим примером этого процесса (рис. 2, б).

Процессы, при которых образовались красные пигменты в исследованных образцах, обобщены на рис. 3.

Заключение. Исследование показало, что возникновение красной окраски пород НКФ связано с разными стадиями седиментогенеза. Некоторая часть красных пигментов унаследована из ранее существовавших красных слоев. Это наиболее отчетливо наблюдается в разрезах южной части района исследований. НКФ, богатая красными аргиллитами, являлась источником поставки красноцветных обломков в бассейн осадконакопления ВКФ. Другой причиной красной пигментации является дегидратация лимонита и образование гематита в окислительных и щелочных условиях во время транспортировки или на ранних стадиях диагенеза. Основная часть окраски произошла в условиях диагенеза за счет замещения железосодержащих минералов. Это наиболее отчетливо наблюдается в разрезах северных окраин бассейна. Ниже приводятся причины и источники образования красных красителей.

- Большое количество окислов Fe-Ti, вулканического стекла, пироксенов, окислов железа, амфиболов, биотита, хлоритов, глауконита.
- Изменение влажности: в дождливые сезоны происходило поверхностное выветривание, а в сухие периоды – окислительные процессы.
- Отсутствие условий для обесцвечивания красноцветных пород, таких как наличие органического материала в среде диагенеза.

Более сильная окраска пород южной части НКФ, вероятно, связана с более жарким и сухим климатом, редкой растительностью и щелочными подземными водами.

*Факультет геологии Тегеранского университета,
кафедра региональной и исторической геологии ЕГУ*

Поступила 22.09.2010

ЛИТЕРАТУРА

1. **Berner R.A.** *Geochemica et Cosmochemica Acta*, 1969, v. 33, p. 267–273.
2. **Friend P.F.** *Q. Jour. Geol. Soc. Lon.*, 1966, v. 122, p. 273–292.
3. **Krynine P.D.** *Petrology, Stratigraphy and Origin of the Triassic Sedimentary Rocks*. In: Turner P. *Continental Red Beds. Developments in Sedimentology*. 1980.
4. **Miller D.N. and Folk R.L.** *Am. Ass. Petrol. Geol.*, 1955, v. 39, p. 33845.
5. **Schluger P.R.** *Jour. Sed. Petrol.*, 1976, v. 46, p. 22–37.
6. **Van Houten F.B.** *Origin of Red Beds, Problems in Palaeoclimatology*. Proc. NATO Paleoclimate Conf. Inter-science Pub. Inc., 1964, p. 647–660.
7. **Walker T.R.** *Geol. Soc. Am. Bull.*, 1967, v. 78, p. 353–368.
8. **Walker T.R.** *Ibid.*, 1974, v. 85, p. 633–638.
9. **Berberian M.** *Geological Survey of Iran. Report № 52*, 1983, 626 p.
10. **Amini A.** *Provenance and Depositional Environment of the Upper Red Formation, Central Zone, Iran*. Ph.D. Thesis. Manchester University, 1997, 320 p.
11. **Schmalz R.F.** *Geol. Soc. Am. Bull.*, 1968, v. 79, p. 277–280.

12. **Macpherson J.C.** Geol., 1983, v. 27, p.119–142.
13. **Van Houten F.B.** Ann. Rev. Earth Planet. Sci., 1973, v. 1, p. 39–61.
14. **Clark J.** Geol. Soc. Am. Bull., 1962, v. 73, p. 423–428.
15. **Langmuir D.** Am. Jour. Sci., 1971, v. 271, p. 147–156.
16. **Hubert J.F. and Reed A.A.** Jour. Sed. Petrol., 1978, v. 48, p. 175–184.
17. **Walker T.R., Ribbe P.H. and Honea R.M.** Geol. Soc. Am. Bull., 1969, v. 78, p. 1055–1060.

Ֆ. ՌԱՋԱԵ, Է. Խ. ԽԱՐԱԶՅԱՆ

ԿԵՆՏՐՈՆԱԿԱՆ ԻՐԱՆԻ ՍՏՈՐԻՆ ԿԱՐՄՐԱԳՈՒՅՆ ՖՈՐՄԱՑԻԱՅԻ
ԳՈՒՆԱՎՈՐՄԱՆ ՊԱՏՃԱՌՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հոդվածում բերվում են Կենտրոնական Իրանի ստորին կարմրագույն ֆորմացիայի (ՄԿՖ) հետազոտությունների արդյունքները, որոնք կատարվել են կարմիր պիգմենտի առաջացման պատճառները պարզելու նպատակով: Այս մայրցամաքային ֆորմացիան ունի ստորին օլիգոցենի հասակ և կազմված է կոնգլոմերատներից, ավազաքարերից, կրաքարերից և արգիլիթներից: Նկարագրվող ֆորմացիայի շերտերի վրա աններդաշնակ տեղադրված են Կում ֆորմացիայի ծովային առաջացումները: Հետազոտված շերտերի միներալային կազմը և տեքստուրային առանձնահատկությունները վկայում են այն մասին, որ ՄԿՖ-ի ապարները ի սկզբանե ներկված չեն եղել, գունավորող նյութի մի մասը տեղափոխվել է մտավածքառաջացման գոտուց: Հետազոտությունների արդյունքում պարզվել է, որ դիագենետիկ պրոցեսները կարևորագույն դեր են խաղացել նստվածքների գունավորման գործում:

F. RAJAIE, E. Kh. KHARAZYAN

LOW RED FORMATION COLORING REASONS OF CENTRAL IRAN

Summary

In this article the investigation results of the origin of red pigment of Low Red Formation in Central Iran (Low Oligocene) have been discussed. That is continental and consists of conglomerate, sandstone, marl and claystone. This Formation is unconformably overlain by marine Oligo-Miocene Qum Formation. Mineralogical composition and textural properties of the studied layers show that the Low Red Formation was not red when deposited, although some parts of red pigments were derived from the sedimentary region. This study clearly shows that both detrital and diagenetic pigments contributed in red coloring of the formation but diagenetic processes were more significant.