

УДК 552.12 : 552.14 : 551.351.25

Г.П. Еремеев

Институт геохимии окружающей среды НАН Украины
и М-ва по вопросам чрезвычайных ситуаций
и в делах защиты населения от последствий Чернобыльской катастрофы
03680, г. Киев-142, Украина, пр. Акад. Палладина, 34а

СТРУКТУРЫ И ТЕКСТУРЫ ТЕЧЕНИЯ В ЖЕЛЕЗИСТО-КРЕМНИСТЫХ ФОРМАЦИЯХ УКРАИНСКОГО ЩИТА

Проведенные исследования являются попыткой обобщения фактического материала о седиментогенных структурах и текстурах течения в железисто-кремнистых сланцевых формациях докембрия Украинского щита. На основе анализа этих материалов установлены и систематизированы их генетические особенности. На примере конкретных объектов рассмотрены условия и геологическая обстановка формирования.

В породах железисто-кремнистых сланцевых формаций докембрия Украинского щита (ЖФД УЩ) кроме макрослоистости и микрополосчатости существуют многочисленные более распространенные и разнообразные признаки, чем обычно указано в геологической литературе. К ним относятся седиментационные структуры и текстуры течения. В отечественной и зарубежной геологической литературе описаны около трех десятков структур и текстур течения. Такие текстуры свидетельствуют о том, что осадочный материал, вероятно, находился в очень пластичном состоянии во время деформации.

В ЖФД УЩ описаны 10 признаков и особенностей слоистости железистых роговиков и джеспилитов, которые образовались при сингенезе, синдиагенезе или диагенезе [5]. Но этим седиментогенные структуры и текстуры течения в ЖФД не ограничиваются. В ЖФД Южной Африки Н.Дж. Бьюксом [3] на примере большого фактического материала зарубежных исследователей охарактеризованы еще 15 признаков нарушения слоистости.

Эти же формы структур и текстур течения присутствуют и в ЖФД УЩ. Ранне- и поздне-

диагенетическая полосчатость, раздувы и пережимы, диагенетический будинаж отмечены ранее [8—12].

Анализ строения железисто-кремнистых сланцевых формаций позволил выявить важные обстоятельства, которые заключаются в следующем. Обзор седиментогенных и диагенетических структур (текстур) нуждается в дополнении, уточнении и конкретизации с целью обоснованного отделения их от тектонических образований. Масштабы проявлений структур и текстур течения в ЖФД УЩ на сегодня не определены. Актуален также вопрос: существуют ли другие структуры и текстуры течения в породах ЖФД, описанные в отечественной [1, 2] и зарубежной литературе.

Решение этих вопросов и стало **целью** данной статьи.

Примечательное свойство осадков формаций — способность течь по мере накопления. Появляющиеся при этом подводно-оползневые деформации образуются в обстановках ламинарного и турбулентного (хаотичного) течения.

Основным структурным элементом служит подводно-оползневой пакет, сложенный резко асимметричными складками и фиксируемый в отдельных штуфах или образцах. Высота "оползней" обычно составляет 2,0—3,5, иног-

да более 15 см. Складки в пакетах представлены открытыми, закрытыми, подобными 1-го и 2-го вида (Г.Д. Ажгирей, 1956) и концентрическими разновидностями.

Второй важный текстурный элемент — диагенетическая полосчатость разной степени формирования: от раннедиагенетической и слабо проявленной до полностью сформированной (позднедиагенетической). Образуется она при дегидратации осадка, его расслоении при седиментогенезе. Отсутствует только в чистом железистом осадке, в результате литификации



Рис. 1. Позднедиагенетические деформации в железистом кварците. Кварцевые слои темные, рудные — светлые; полированный штупф, Саксаганское рудное поле, Криворожский район

Fig. 1. Deformations of late diagenes in iron quartzite. Layers of quartz are dark, ore ones — light. Polished pieces of ore, Saksaganske ore field, Kryvyi Rig region

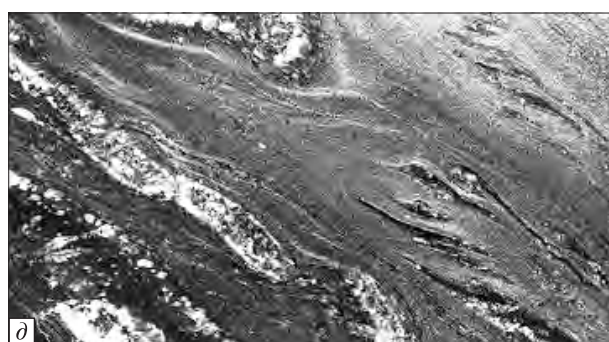
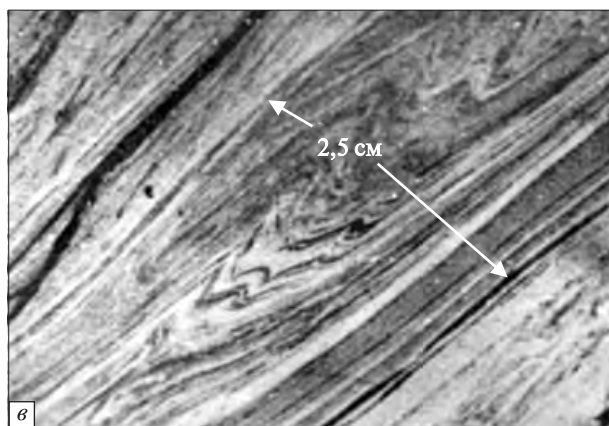
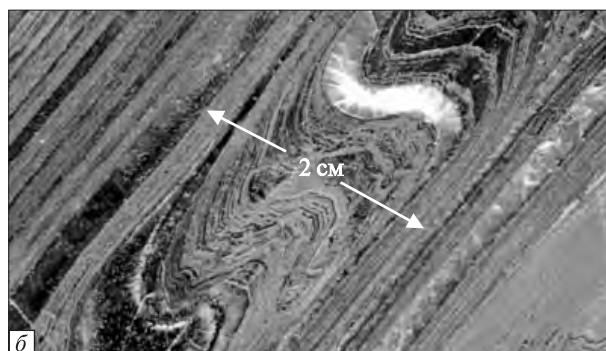


Рис. 2. Структуры и текстуры течения в оползневых пакетах: а — турбулентное течение в железистом кварците: рудные слои серые, кварцевые — черные с белыми пятнами, полированный штупф, Белозерский район; б — следы ламинарного течения в железистом кварците: рудные слои серые, кварцевые — черные, большой аншлиф, там же; в — ламинарное течение в сидерит-магнетитовой руде: магнетитовые слои светло-серые, карбонатные — серые, черные полосы в руде — субсогласные кварцевые жилки с диагенетическим пиритом (белые кристаллы), то же, там же; г — глобулы, белые округлые микростяжения, пластинка шлифа железистого кварцита: кварцевые слои белые, рудные — черные, там же; д — бусинки или глобулиты, белые округлые микростяжения и пластово-линзовидные стяжения, полированный штупф железистого кварцита: рудный слой серый, кварцевый — от белого до черного, Саксаганское рудное поле, Криворожский район (большими стрелками показаны направления течения осадка)

Fig. 2. Structures and textures of flow in landslide packets: а — turbulent flow in ferriferous quartzite: ore layers are grey, quartz layers are black with white spots. Polished pieces of ore, Bilozerske region; б — traces of laminar flow in ferriferous quartzite: ore layers are grey, quartz layers are black. Big buff, Bilozerske region; в — laminar flow in siderite-magnetite ore: magnetite layers are light-grey, carbonate layers are grey, black stripes in ore — subconcordant quartz veins with diagenetic pyrite (white crystals). The same in the Bilozerske region; г — globules, white rounded micro-win. Plate of polished ferriferous quartzite: quartz layers are white, ore layers are black, Bilozerske region; д — beads or globules, white rounded micro-win and layer-lenticular win. Polished piece of ore ferriferous quartzite: ore layers are grey, quartz layers are from white to black. Saksagan' ore field, Kryvyi Rig region. Big arrows point the deposit flow direction

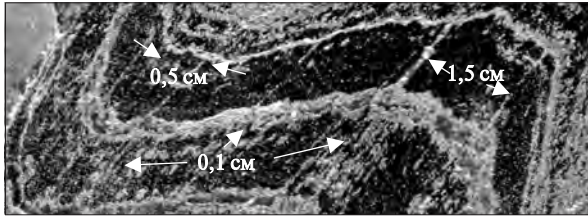


Рис. 3. Пластины ламинарного течения, разобщенные жилками рудного материала, железистый кварцит: рудные слои серые, кварцевые — черные. Увеличенный фрагмент верхней части рис. 2, б

Fig. 3. Plates of laminar flow divided by veins of ore material, iron quartzite: ore layers are grey, quartz layers are black. Magnified fragment of the upper part Fig. 2, б

В оползневых пакетах присутствуют следы течения рыхлого железисто-кремнистого или карбонат-магнетитового осадка, выраженные

рудные слои которого приобретают массивную текстуру.

Иногда формируются причудливые рулетоподобные образования смятого кварцевого слоя с оборванными концами и хорошо развитой диагенетической полосчатостью (рис. 1) — "колобки" или "закрутыши" (правая часть рис. 1). Эти образования возникают в результате подводного оползания пропитанного водой железистого осадка, обусловлены ломкостью студня кремниевой кислоты, которая была предопределена низким содержанием воды. Здесь же отмечаются: брекчированные рудные слои (светло-серый участок в центре рис. 1), вязкий разрыв ("псевдобудинаж") кварцевого полосчатого слоя и ступенчатые сбросы (левая часть рис. 1).

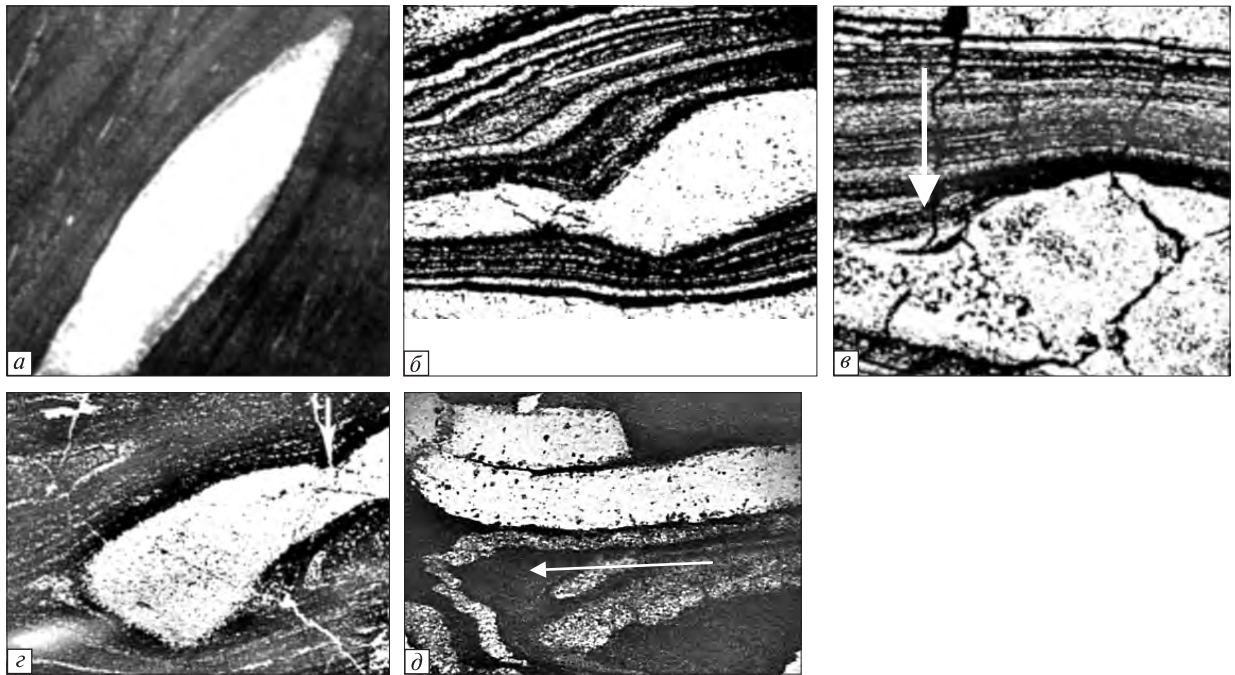


Рис. 4. Формы выделения кремнистых макростяжений и деформации в слоях кремнезема: а — реликтовые блоковые стяжения в кварцевом слое на фаціальном выклинивании в кварц-хлоритовом сланце: черные полоски хлоритовые, темно-серые слои кварц-серицит-хлоритового состава, кварцевый слой белого цвета с темными оторочками карбоната. Полированный штупф, Белозерский район; б-г — железистый кварцит: кварцевые слои светлые, рудные — черные. Пластинки шлифов: б — утонение кремнистого слоя, диагенетическая полосчатость в рудных слоях выражена более или менее отчетливо; г — трещины усыхания в кремнистом стяжении, диагенетическая полосчатость в рудных слоях выражена слабо, г — небольшая вмятина в кремнистом слое, диагенетическая полосчатость в рудных слоях отсутствует. Толстыми стрелками показаны направления давления на кремнистые стяжения, тонкими — течение осадка

Fig. 4. Forms of secretion of siliceous macroscopic gains and deformations in silica layers: а — relic block layer of quartz on facial wedging out in quartz-chlorite schist's: black strips of chlorite, layers of quartz-sericit-chlorite composition are dark-grey, layer of quartz of white color with dark carbonate trimming. Polished piece of ore (Bilozerske region); б-г — iron quartzite: layers of quartz are light, ore layers are black. Polished plates: б — fining of siliceous layer, ore layers are striated more or less distinctly; г — dry crack in siliceous gain, diagenetic striation in ore layers is weakly expressed; г — little hollow in siliceous layer, diagenetic striation is absent in ore layers. Broad arrows point the direction of pressure on siliceous gains, thin ones — flow of deposit

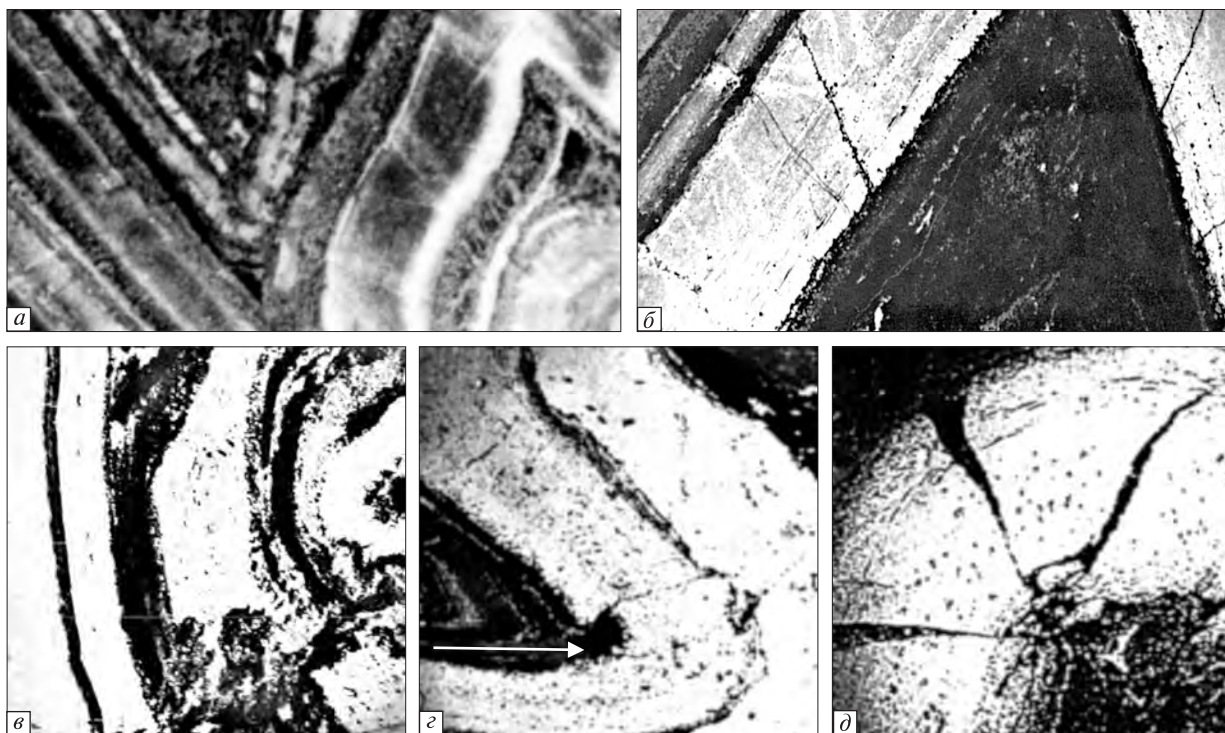


Рис. 5. Трещины отрыва в замке складки. Пластинка шлифа железисто-кварцита: кварцевый слой светлый, рудный — черный, Белозерский район: *a* — смещения по трещинам вязкого скалывания и следы вязкого скалывания в толстом кварцевом слое; *б* — излом кварцевого слоя; *в* — вязкий отрыв в кремнистом слое; *г* — внедрение рудного материала в замке складки; *д* — хрупкие отрывы в замке концентрической складки

Fig. 5. Cracks tearing off in lock fold. Polished plate of iron quartzite: quartz layer is light, ore layer is black, Bilozerske region: *a* — shifts in viscous shear fractures and traces of viscous shearing in a thick quartz layer; *б* — quartz layer break; *в* — viscous break-off in siliceous layer; *г* — ore material intrusion in keystone of fold; *д* — brittle breaks-off in keystone of concentric fold

турбулентным и ламинарным течением в виде мелкой гофрировки или пластинами (рис. 2, 3).

Пакеты с турбулентным течением представляют собой структуры с неупорядоченным размещением и хаотическим расположением в пространстве реликтов кремнистых слоев в рудной массе. В отличие от ламинарных пограничных слоев, они характеризуются очень неправильной формой и четкими границами.

Ламинарное течение прослеживается в облике пластин шириной от 0,1 до 1,6 см. Они ограничены плоскостями скольжения в виде прерывистых полос, залеченными рудными минералами. Осветленный участок в кварцевом слое — реликтовое поле напряжений в замках и коротком толстом крыле — результат раскристаллизации с очищением от рудной примеси при оползании и продольном изгибе упругого слоя геля кремнезема. Выражается также в виде мелкой серповидной гофрировки магнетитовых и карбонатных слойков в сидероплезит-магнетитовой руде.

Кремнистые стяжения (конкреции) представлены овальными, блоково- и пластово-линзовидными, блоковыми, а также мелкими округлыми формами. Наблюдаемое смятие слоев с утонением и изгибанием слойков связывается с оползанием еще рыхлого обводненного осадка (рис. 4).

Нередко наблюдаются сингенетичные микроконкреции без какой-либо внутренней структуры (глобулы) в параболическом профиле осредненной скорости ламинарного течения и сферические капли или шарики (глобулиты), напоминающие вытянутую нитку бус. Здесь же зафиксированы деформированные при течении осадка пластово-линзовидные раннедиагенетические кремнистые конкреции и линзовидные останцы кремнистых слойков черного цвета в рудной массе.

Сингенетичные кремниевые конкреции представляют собой сгустки кремниевого геля, разбитые трещинами усыхания. Синерезис может происходить и в осадке, содержащем воду.



Рис. 6. Птигматитовая складчатость в кварц-хлоритовом сланце. Кварцевые слои черные, кварц-хлоритовые — серые разных оттенков. Полированный штуф, Саксаганское рудное поле, Криворожский район

Fig. 6. Ptygmatic folding in quartz-chlorite schist. Quartz layers of are black, quartz-chlorite layers are grey with different shades. Polished ore lump, Saksaganske ore field, Kryvyi Rig region

Большинство исследователей придерживается мнения о диагенетическом происхождении кремниевых конкреций овальной формы, включенных в рудную массу. Выпавшие из растворов в результате коагуляции колломорфные образования подверглись диагенетическим изменениям и перекристаллизации. Диагенез в минеральных агрегатах привел и к образованию трещин усыхания. Представления о сингенетичном образовании осадка конкреций кремния мало распространены. Конкреции проявляются при постдиагенетических процессах. Колломорфная и микрослоистая текстура с деформациями и разрывами в кремнистых образованиях возникла, возможно, еще в гелеобразном кремнистом иле.

Разрывные деформации характеризуются вязкими изломами и вязким скалыванием слоев кремнезема, микробрекчированием их с образованием мелких обломочков рудно-роговиковой массы, мелкими ступенчатыми сбросами в кремнистых (кварцевых) слоях. Продольные или косо секущие трещины скалывания разделяют слои на отдельные пакеты с различными микроструктурами: от внутрипластовых складок течения до вязких обломков кремнистого состава (рис. 5).

Микробрекчирование слоев с образованием мелких обломочков рудно-роговиковой массы обусловлено ломкостью студня кремниевой кислоты, которая была предопреде-

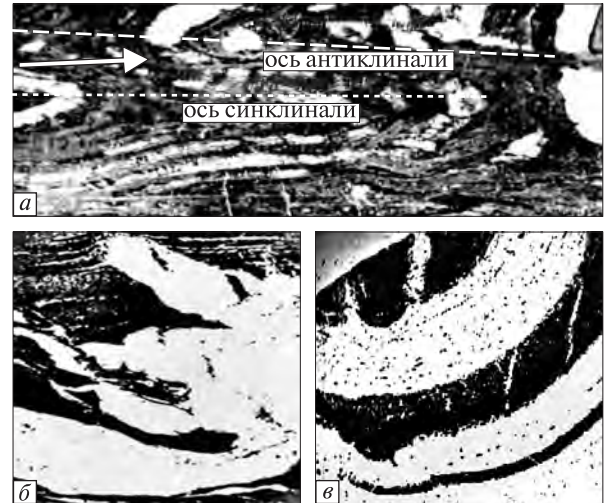


Рис. 7. Знаки внедрения, вязкие разрывы и изломы: а — знаки внедрения, образованные кварцем. Диагенетическая полосчатость проявлена слабо, пластинка шлифа, Белозерский район; б — вязкие разрывы кварцевых слоев. Диагенетическая полосчатость отсутствует, то же, там же; в — вязкие изломы и округлые образования ("псевдоконкреции") в замках складок при течении железисто-кремнистого осадка. Диагенетическая полосчатость отсутствует, полированный штуф, Саксаганское рудное поле, Криворожский район. Железистые кварциты: кварцевые слои светлые и черные, рудные — серые

Fig. 7. Signs of intrusion, viscous breaks and fractures: а — signs of intrusion formed by quartz. Diagenetic striation is weakly shown. Polished plate, Bilozerske region; б — viscous breaks of quartz layers. Diagenetic striation is absent. Polished plate lump, Bilozerske region; в — viscous breaks and rounded formations ("pseudococoncretions") in fold keystone at iron-siliceous deposit flow. Diagenetic striation is absent. Polished ore lump, Saksaganske ore field, Kryvyi Rig region. Iron quartzites: quartz layers are light and black, ore layers are grey

лена низким содержанием воды при усыхании геля кремнезема в позднедиагенетических условиях.

Спорадически встречаются птигматитовые складки кварцевых жил с параллельной осевой плоскости сланцеватостью и смятиями эластичных слойков кремнистого геля, в которых только начинает проявляться диагенетическая полосчатость (рис. 6). Происхождение птигматитовых складок связывается с повышенной пластичностью глинистой матрицы.

По положению смятых слоев иногда можно определить кровлю напластования и направление течения железисто-кремнистого осадка. Обычно верхние кварцевые слои более толстые и их изгибы указывают направление перемещения.

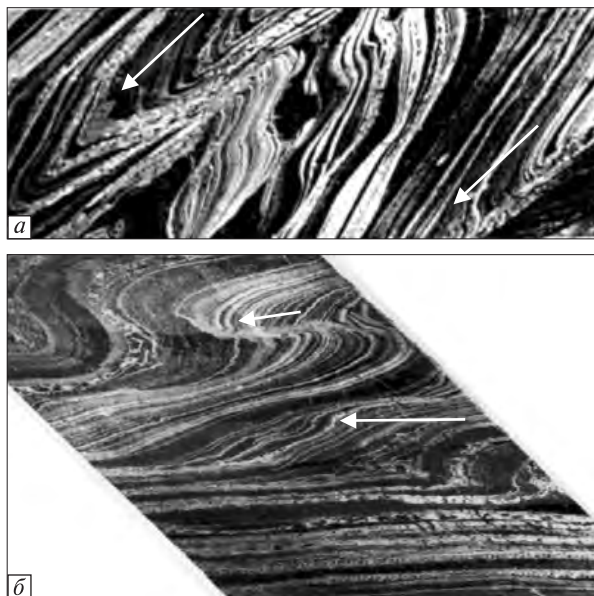


Рис. 8. Деформации в оползневых пакетах: *а* — внедрение рудного материала в замке складки. Пластика шлифа железистых кварцитов: кварцевые слои светлые, рудные — черные. Белозерский район; *б* — образование складок, флексур и брекчирование рудных слоев при течении эластичного геля кремнезема. Полированный штупф железистых кварцитов: рудные слои светлых оттенков, кварцевые слои черные. Саксаганское рудное поле, Криворожский район. Стрелками показаны направления течения осадка

Fig. 8. Deformations in avalanche packets: *a* — intrusion of ore material in fold keystone structures. Polished plate of iron quartzites: quartz layers are light, ore layers are black. Bilozerske region; *b* — formation of folds, flexures and brecciation of ore layers at flow of elastic siliceous gelee. Polished ore lump of iron quartzites: ore layers are of light shades, quartz layers are black. Saksaganske ore field, Kryvyi Rig region. Arrows point the deposit flow direction

Перемещение слоистых горных пород по склону под влиянием силы тяжести — это один из типов гравитационных движений. Присутствие рудных залежей увеличивает гравитационную неустойчивость. Наиболее заметный признак гравитационной неустойчивости — наличие смятого в складки слоя, пласта или толщи между двумя недислоцированными слоями. Косвенные признаки: внутрiformационные плоскости скольжения и смещение контуров фациальных зон.

Кроме того, ЖФД УЩ в целом характеризуются всеми особенностями осаждения из коллоидных растворов (кремниевых зелей). Физическое состояние кремнистого геля определяется по реликтовым выделениям и проявляется как связь с литогенезом, вещественным составом, размером, структурными формами

и их положением в железисто-кремнистом или глинистом осадке. Богатые водой кремниевые студни совершенно прозрачны, мягки и довольно эластичны. Эластичные студни способны набухать, то есть поглощать жидкость, сильно увеличиваясь в объеме и производя при этом огромное давление [4, 6, 7, 13–18].

В замках складок часто наблюдаются внедрения как кремнезема в рудные слои, так и рудного материала в кремнистые слои (рис. 7). Нередки разрывные деформации и смятие слоев в оползневых пакетах (рис. 8). Ломкие слои кремнистого геля (студня) подвергаются вязким разрывам и микробрекчированию, а эластичные реликтовые слойки — причудливым смятиям при седиментогенезе.

Присутствие таких специфических особенностей свидетельствует о седиментогенном происхождении вмещающих их пород и руд.

Выводы. На примере конкретных объектов показаны седиментогенные и диагенетические преобразования в породах и рудах ЖФД УЩ. Охарактеризованы диагенетические текстуры слоев, впервые выделены и охарактеризованы подводно-оползневые пакеты, признаки турбулентного и ламинарного течения. Также впервые установлено, что постепенное обезвоживание геля кремнезема в условиях седиментогенеза сопровождается возникновением многочисленных микроструктур различных видов и типов. В гомогенной среде железисто-кремнистых осадков образуются асимметричные подобные складки и кремнистые стяжения. В гетерогенной среде этих же осадков возникают продольные или косо секущие трещины скалывания, которые разделяют слои на отдельные пакеты с различными микроструктурами: от внутривпаховых складок течения до вязких обломков кремнистого состава.

Необходимо отметить, что не все возможные структуры и текстуры течения нашли отражение в работе и не на все поставленные вопросы получены ответы с достаточной полнотой, но сделанные выводы и рекомендации вполне аргументированы.

Выполненная работа — первый шаг на пути решения поставленных задач. Очевидно, что в дальнейшем необходимо продолжить изучение геологических особенностей месторождений формаций с целью выявления новых возможных признаков течения железисто-кремнистых осадков и формулирования на этой основе поисковых критериев.

1. *Атлас* текстур и структур осадочных горных пород. Ч. I. Обломочные и глинистые породы. — М. : Госгеолтехиздат, 1962. — 578 с.
2. *Атлас* текстур и структур осадочных горных пород. Ч. 3. Кремнистые породы. — М. : Недра, 1973. — 340 с.
3. *Бьюкс Н.Дж.* Докембрийские железорудные формации южной Африки // Докембрийские железорудные формации мира. — М. : Мир, 1975. — С. 70—128.
4. *Воюцкий С.С.* Курс коллоидной химии. — М. : Химия, 1964. — 574 с.
5. *Гершойг Ю.Г.* Признаки и особенности слоистости железистых роговиков и джеспилитов Кривого Рога // Проблемы образования железистых пород докембрия. — Киев : Наук. думка, 1969. — С. 207—216.
6. *Глинка Н.Л.* Общая химия. — М. : Изд-во хим. лит., 1956. — 732 с.
7. *Думанский А.В.* Учение о коллоидах. — 3-е изд. — М. ; Л., 1948.
8. *Еремеев Г.П.* Закономерности формирования тектонических структур месторождений железа Белозерского района и их роль в образовании богатых руд : Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. — Киев, 1989. — 24 с.
9. *Еремеев Г.П.* Складчатость высоких порядков и кливаж в железорудной толще Белозерского района (Украинский щит) // Тектоника, металлогения, минеральные ресурсы : Сб. науч. работ ИГОС и МЧС Украины. — 2005. — Вып. 11, т. II. — С. 107—120.
10. *Еремеев Г.П.* Генерации структур будинаж в железистой формации докембрия Украинского щита // Сб. науч. работ ИГОС. — 2008. — Вып. 16. — С. 25—36.
11. *Еремеев Г.П.* Типы элементарных форм структур будинаж в железистых формациях докембрия Украинского щита // Там же. — С. 76—81.
12. *Еремеев Г.П.* Временные и пространственные соотношения структур в железистых формациях докембрия Украинского щита // Там же. — С. 136—144.
13. *Жуков И.И.* Коллоидная химия. Ч. 1. — Л., 1949.
14. *Некрасов Б.В.* Курс общей химии. — М. : Госхимиздат, 1962. — 973 с.
15. *Пасинский А.Г.* Коллоидная химия. — 3-е изд. — М. : Высш. шк., 1968. — 232 с.
16. *Песков Н.П.* Физико-химические основы коллоидной науки. — 2-е изд. — М. ; Л., 1934.
17. *Писаренко А.Г., Поспелова К.А., Яковлев А.Г.* Курс коллоидной химии. — 3-е изд. — М., 1969.
18. *Хотинский Е.С.* Курс органической химии. — Харьков : Изд-во Харьков. ун-та, 1953. — 706 с.

Поступила 29.11.2010

Г.П. Еремеев

СТРУКТУРИ І ТЕКСТУРИ ТЕЧІЇ В ЗАЛІЗИСТО-КРЕМЕНИСТИХ ФОРМАЦІЯХ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

У залізи́сто-кременистих сланцевих формаціях докембрію Українського щита вперше виділені та охарактеризовані підводно-зсувні пакети турбулентної та ламінарної течії залізи́сто-кременистого осаду. У пакетах виявлені специфічні форми реліктових структур і текстур течії, що свідчать про седиментогенне походження вмісних порід та руд. Вони присутні в межах Саксаганської структури Криворізького району, площі Галшинського родовища у Кременчуцькому районі та західного крила Південно-Білозерської структури Білозерського району.

G.P. Eremeev

STRUCTURES AND TEXTURES OF FLOW IN IRON-SILICEOUS FORMATION OF THE UKRAINIAN SHIELD

The submarine-slumping packets of turbulent and laminar sliding in iron-siliceous schistose formations of Pre-Cambrian of the Ukraine Shield were distinguished and characterized for the first time.

The packets formed layers which crumpled into folds. One can find flowing tracks, siliceous grids, spherical drops (globules), small faults, sticking breaks and crushed layers, and crumpled elastic surviving layers determined by sedimentogenesis. one could observe lock folds often with signs of intrusion.

The presence of such specific forms of relic structures and textures evidence for sedimentogenetic origin of their rocks and ores. The above structures and textures are present within the limits of the Saksagan' ore field of the Kryvyi Rig region, in the area of Galshchin ore deposit in the Kremenchug region and the west wing of South-Bilozerske structure, Bilozerske region.

They are present within the limits of the Saksagansky structure of Kryvyi Rig region, in the area of the Kremenchug deposit and in the west wing of the South-Bilozerske region.