

УДК 552.54

ОПОЛЗНЕВЫЕ ТЕКСТУРЫ ОСАДКА В НИЖНЕКАМЕННОУГОЛЬНЫХ ТЕРРИГЕННО-КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ КОЧКАРСКОГО АНТИКЛИНОРИЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

© 2025 г. М. Е. Притчин^{а,*}, А. Ю. Кисин^{а,**}, Д. А. Озорнин^{а,***}

^аИнститут геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого УрО РАН,
ул. Академика Вонсовского, 15, Екатеринбург, 620110 Россия

*e-mail: pritchin@igg.uran.ru

**e-mail: kissin@igg.uran.ru

***e-mail: mr.ozornin@mail.ru

Поступила в редакцию 29.05.2024 г.

После доработки 29.07.2024 г.

Принята к публикации 15.11.2024 г.

В состав метаморфического обрамления гранито-гнейсовых куполов Кочкарского антиклинория (Южный Урал) входит нижнекаменноугольная терригенно-карбонатная толща, испытавшая зональный метаморфизм в условиях от эпидот-амфиболитовой до зеленосланцевой фации. Многочисленные деформационные текстуры осадка обнаружены в мраморах названной толщи, вскрытых карьером на Светлинском месторождении золота и в плотике Еленинской россыпи. Основные типы текстур представлены оползнями, связанными с ламинарным течением осадка, реже сейсмитами различной морфологии. Механизм формирования этих текстур связывается с подводным гравитационным оползанием нелитифицированного осадка, вызванным изменением уклона морского дна, и с воздействием землетрясений. Источником сейсмической активности были региональные разломы, ограничивающие антиклинорий, и, вероятно, формирование гранито-гнейсовых куполов. Обнаруженные текстуры оползней и сейсмиков в терригенно-карбонатных толщах обрамления Кочкарского антиклинория дают представление о палеотектонической обстановке его формирования в условиях позднепалеозойской уральской коллизии. Структурное положение карбонатных пород в антиклинории свидетельствует о малой глубине формирования слагающих его гранито-гнейсовых куполов.

Ключевые слова: деформационные текстуры, оползни, сеймиты, нижний карбон, Кочкарский антиклинорий, коллизия

DOI: 10.31857/S0024497X25020064, **EDN:** CHIYMQ

Принято считать, что геология Кочкарского антиклинория (Южный Урал) хорошо изучена и описана в многочисленных трудах и геологических отчетах [Геология СССР..., 1969; Кейльман, 1974; Геологическая..., 2018 и др.]. Особенности его геологического строения связывают с позднепалеозойским гранитоидным магматизмом [Ферштатер, Бородин, 1975; Ферштатер, 1987; Сначев и др., 1990 и др.], с подъемом древнего гнейсового фундамента, обусловившего зональный метаморфизм [Кейльман и др., 1973; Кейльман, 1974; Огородников и др., 2004], с деформациями земной коры и купольным тектогенезом в условиях позднепалеозойской уральской коллизии [Кисин, Коротеев, 2017; Кисин и др., 2022]. В результате геологических исследований последних лет

авторами получен новый фактический материал, позволяющий уточнить геологию антиклинория и его позднепалеозойскую структурную эволюцию: в терригенно-карбонатных породах выявлены оползневые текстуры.

Кочкарский антиклинорий ограничен надвигами, падающими под смежные структуры. Он характеризуется наличием нескольких купольных структур (брахискладок, по [Кейльман и др., 1973]), ядра которых сложены гранито-гнейсами и анатектическими гранитами. Около- и межкупольные структуры (моноклинали, грабен-синклинали) выполнены кварц-плагиоклаз-биотитовыми сланцами, амфиболитами и мраморами. Метаморфизм зональный, центрами его служат купольные структуры.

К восточному борту антиклинория приурочены Коелгинский гранодиоритовый (на севере), Пластовский плагิโอгранитный (в средней части) и Каменно-Санарский гранитный массивы (на юге).

Карбонатная толща широко развита в обрамлении гранито-гнейсовых куполов Кочкарского антиклинория (Варламовского, Пластовского, Борисовского и Санарского) и фрагментарно – в западном экзоконтакте и провалах кровли Степнинского массива (рис. 1). Она сложена мраморизованными органогенными известняками белого и серого цвета с линзами силицитов, кальцитовым мрамором белого, серого до серо-черного цвета с линзами доломитового мрамора. Согласно [Геологическая..., 2018], в толще

мраморизованных известняков встречаются прослой углисто-глинистых, известково-глинистых сланцев, алевролитов, песчаников; мрамор близ гранитных массивов содержит амфибол, биотит. Толща согласно залегает на нижележащих метатерригенных отложениях, в пределах изучаемой площади карбонатные отложения составляют верхнюю часть разреза. Мощность толщи не превышает 500 м.

Исследованные участки карбонатной толщи расположены в Пластовском районе Челябинской области и вскрыты двумя карьерами: Светлинского золоторудного месторождения (координаты 54.295270 N, 60.413486 E) и Еленинской золотоносной россыпи (координаты 54.238984 N, 60.726357 E) (см. рис. 1).

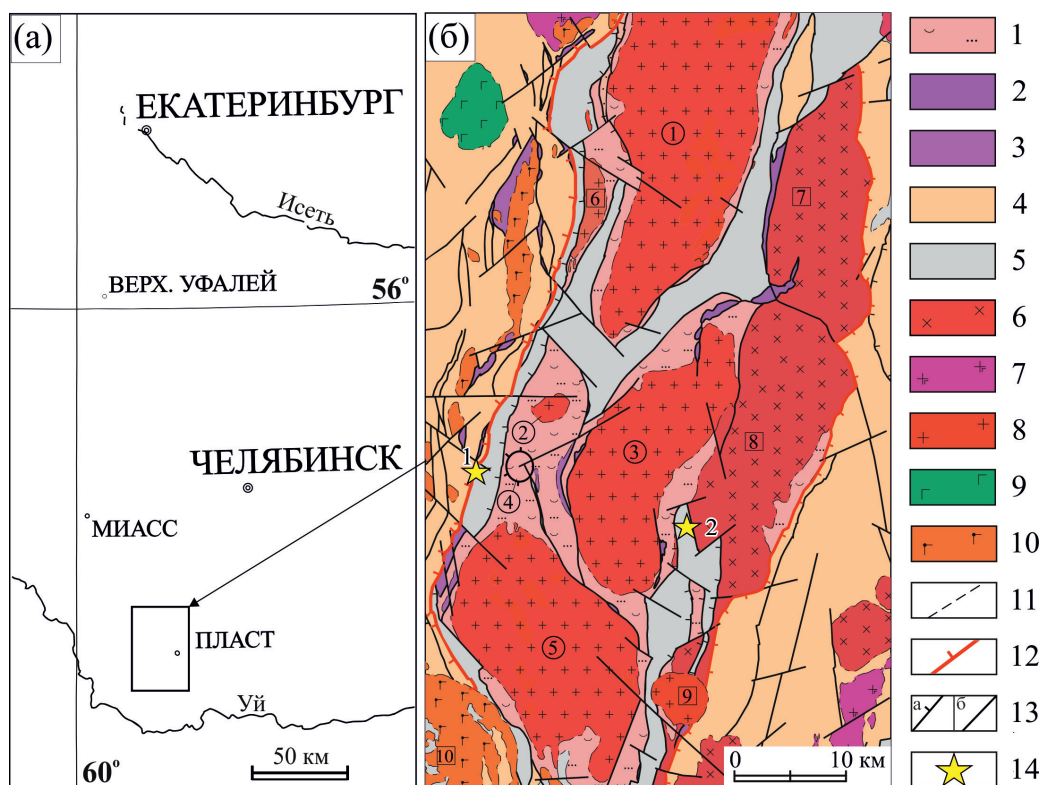


Рис. 1. Географическое положение района работ (а) и схематическая геологическая карта домезозойских образований Кочкарского метаморфического комплекса (б), по [Геологическая..., 2018] с упрощениями и дополнениями. 1 – плагiogнейсы биотитовые, гранат-биотитовые, амфиболиты, кристаллосланцы с гранатом, ставролитом, силлиманитом и кианитом (V_1); 2 – ультраметаморфиты апогарибуржитовые аподунитовые нерасчлененные (V_2); 3 – серпентиниты (O_2); 4 – нерасчлененные вулканогенные, вулканогенно-осадочные комплексы, углеродисто-кремнистые сланцы (O_3 - D_3); 5 – мраморизованные известняки, мрамор (C_1 ,v); 6 – тоналиты гнейсовидные, гранодиориты, плагิโอграниты (D_3 - C_1); 7 – плагิโอграниты (C_1); 8 – граниты биотитовые, мезократовые и лейкократовые, гнейсограниты (C_{1-2}); 9 – габбро, габбронориты (C_1); 10 – монцогаббро, граносиениты, граниты (P_1); 11 – геологические границы; 12 – глубинные надвиги; 13 – тектонические нарушения (а – сбросы (тектонические срывы), б – разломы); 14 – объекты исследований (1 – Светлинский карьер, 2 – Еленинская россыпь).

Цифры в кружках – гранито-гнейсовые купола: 1 – Варламовский, 2 – Еремкинский, 3 – Борисовский, 4 – Светлинский, 5 – Санарский.

Цифры в квадратах – массивы: 6 – Котликовский, 7 – Коелгинский, 8 – Пластовский, 9 – Каменно-Санарский, 10 – Степнинский.

К ГЕОЛОГИИ МРАМОРОВ ГРАНИТО-ГНЕЙСОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ЮЖНОГО УРАЛА

Карбонатные (терригенно-карбонатные) отложения раннекаменноугольного возраста в пределах Восточно-Уральской мегазоны на Южном Урале имеют ограниченное распространение [Мизенс, 2002]. В пределах Челябинско-Суундукского мегантиклинория они обычно обрамляют гранитные массивы и гранито-гнейсовые купола; при этом разновозрастные карбонатные отложения практически не встречаются в смежных структурно-формационных зонах (см. рис. 1). На основании находок фаунистических остатков возраст карбонатных пород отнесен к визейскому и серпуховскому ярусам нижнего карбона [Мизенс, 2002; Геологическая..., 2018]. Карбонатные отложения претерпели региональный метаморфизм фации зеленых сланцев, а вблизи гранито-гнейсовых куполов и гранитных массивов — зональный метаморфизм от верхов фации зеленых сланцев до эпидот-амфиболитовой фации [Болтыров и др., 1973; Огородников и др., 2004; Сначев, 2022]. В результате метаморфизма известняки подверглись перекристаллизации с образованием мрамора, в следствии чего в них обычно отсутствуют фаунистические остатки, а также признаки первичных осадочных текстур и структур. По этой причине некоторые исследователи относят мраморы к отложениям рифейского возраста [Сначев и др., 1990; Сначев, 2022; Огородников и др., 2004]. Метаморфизм и вовлечение терригенно-карбонатных толщ в строение межкупольного пространства гранито-гнейсовых куполов сделало невозможным изучение их первичного разреза. Тем не менее, в пределах мраморных толщ с низкой степенью перекристаллизации сохранились участки с первичной осадочной слоистостью и многочисленными деформационными текстурами осадка.

В нижнекаменноугольных отложениях Кочкарского антиклинория деформационные осадочные текстуры упоминаются только в подстилающей известняки терригенной толще, в ленточно-слоистых кремнисто-глинистых сланцах по р. Увелка [Смирнов, 1957].

Светлинское месторождение золота расположено в зоне надвига субмеридионального простирания западного падения, являющегося западной границей Кочкарского антиклинория (рис. 2). Здесь девонские метавулканогенно-осадочные породы надвинуты на нижнекаменноугольные мраморы. Контакт очень неровный как

по простиранию, так и по падению. Карбонатные породы испытали кливажирование, метасоматические и метаморфические преобразования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу данного исследования легли материалы геологических наблюдений в действующем Светлинском карьере и на площади ранее отработанной Еленинской россыпи (см. рис. 1), проведенные авторами в 2015–2023 гг., где нами были выявлены реликтовые деформационные текстуры осадка. Подробно изучены их геометрические формы, взаимоотношения, пространственное распределение, вертикальная зональность.

ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Светлинский карьер

Мраморы слагают восточный борт Светлинского карьера. Породы кливажированы, грубополосчатые, перекристаллизованные; простирание субмеридиональное, падение на запад под углом 50° – 55° . На верхних горизонтах в них сохранились отдельные останцы мраморов с деформационными осадочными текстурами. Останцы не имеют четких границ, сложены кальцитовыми мраморами белого, серого вплоть до черно-серого цвета, мелко-среднезернистыми, массивными. По простиранию и на глубину эта разновидность мраморов замещается кальцитовым мрамором светло-серым до белого средне-крупнозернистым, обычно массивным, на единичных участках обладающим кристаллизационной полосчатостью. Останцы с деформационными осадочными текстурами прослежены с севера на юг на протяжении 700 м.

На верхнем горизонте юго-восточной части Светлинского карьера вскрыт небольшой останец мелкозернистых кальцитовых мраморов (или мраморизованных известняков) темно-серого до почти черного цвета. Слоистость напластования подчеркнута чередованием единичных тонких прослоев белого мелкозернистого мрамора мощностью до 1 см, в целом имеет крутое западное падение под углами 70° – 80° и прослежена на протяжении 50 м по простиранию на север, где с глубиной резко сменяется массивным белым крупнозернистым мрамором. Первичная горизонтальная слоистость нарушена дисгармоничной складчатостью (рис. 3) с невыдержанными амплитудой, длиной складок и мощностью слоев, типичными для оползневых текстур. Местами в мраморизованных известняках наблюдаются

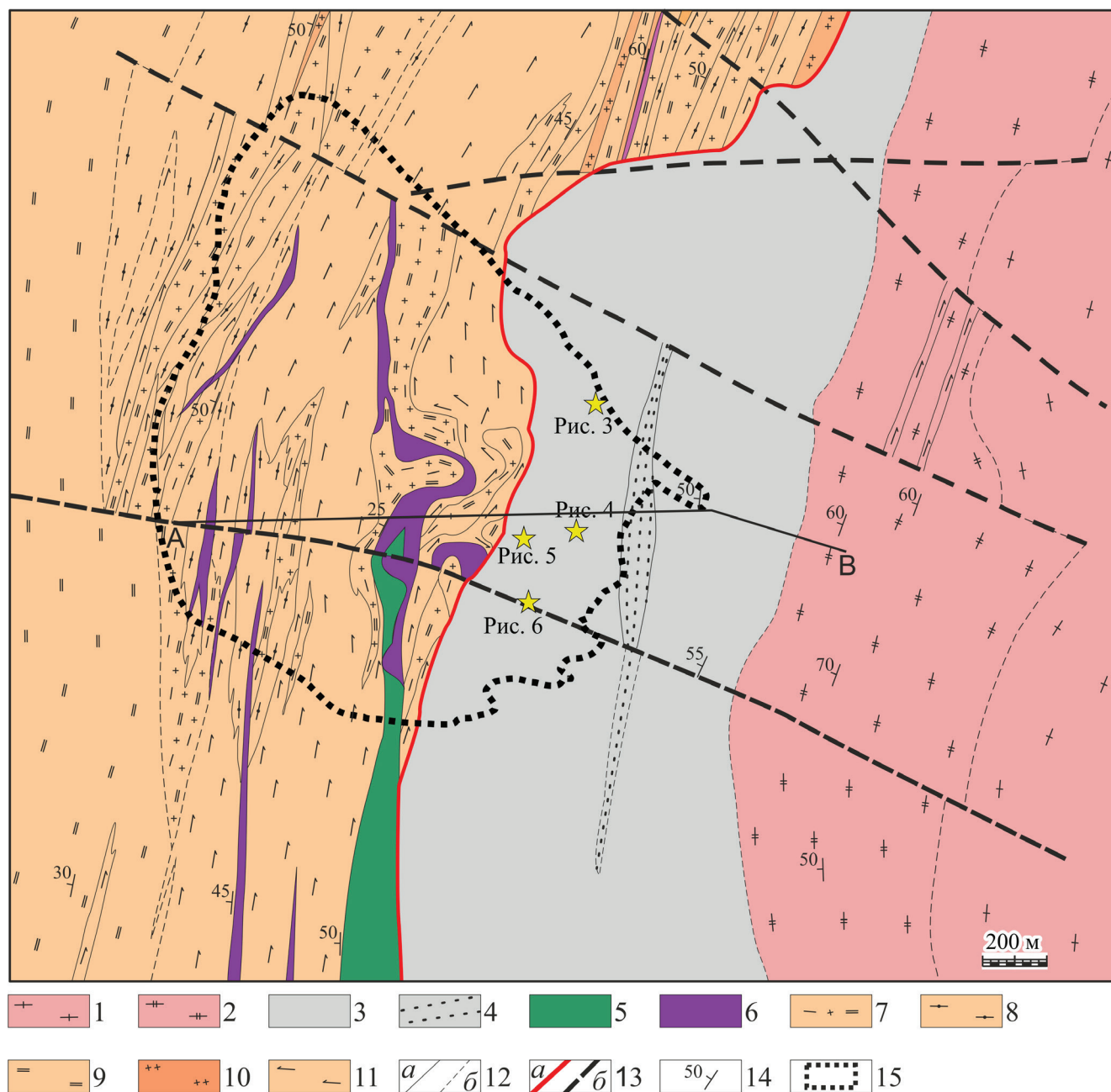


Рис. 2. Схематическая геологическая карта Светлинского месторождения (по материалам Кочкарской ГРП).

1 — гнейсовидные сланцы, гнейсы двуслюдяные с гранатом и ставролитом; 2 — бластосланцы двуслюдяные, амфиболиты; 3 — мраморы кальцитовые и доломитовые; 4 — кварцитопесчаники, карбонат-полевошпатовые, слюдистые, гравелиты; 5 — габбро; 6 — серпентиниты, талькиты; 7 — кварц-биотитовые, кварц-полевошпат-слюдистые сланцы; 8 — углеродистые сланцы; 9 — плагиоклаз-кварц-биотитовые породы; 10 — кварцитопесчаники, кварциты; 11 — амфиболиты, кварц-слюдисто-амфиболовые метасоматиты; 12 — геологические границы (a — установленные, б — предполагаемые); 13 — тектонические нарушения (a — Светлинский надвиг, б — нарушения по геофизическим данным); 14 — элементы залегания полосчатости, сланцеватости; 15 — контур карьера; звезды — точки наблюдения деформационных тектур в мраморе.

субпараллельные щелевидные полости с плавными очертаниями, без признаков растворения, иногда с признаками начальной инкрустации мелкими кристаллами кальцита. По морфологии

они принимаются авторами за газовые обособления в потоке вязкой жидкости. В мелкозернистых мраморах на всем протяжении толщи по простиранию встречены недеформированные членки



Рис. 3. Оползневая складчатость в мраморах (мраморизованных известняках) на верхнем уступе Светлинского карьера: быстрое изменение размеров складок, простираения, мощности, наличие текстур облекания и выжимания, высокая каверзность.

стеблей криноидей, что исключает тектоническое происхождение складчатости. Вверх по разрезу толща кальцитовых мраморов сменяется светлыми мелкозернистыми доломитами метасоматического происхождения, в которых сохранились членики криноидей, аммоноидеи, наутилоидеи и кораллы визейского возраста. Вниз по разрезу мелкозернистые мраморы сменяются массивным крупнозернистым мрамором белого цвета, в котором не сохраняются элементы слоистости и ископаемая фауна.

В северо-восточном борту карьера на северной стенке карстового колодца в кальцитовом мраморе (мраморизованном известняке) серого

цвета наблюдается участок с реликтами оползневых текстур, содержащий многочисленные линзы светло-серого мелкозернистого кварцитопесчаника (рис. 4а). Слоистость падает на запад по аз. 260° , под углом 65° – 80° . Линзы кварцитопесчаника сложно деформированы, с многочисленными подворотами, резким изменением мощности, простираения и падения (см. рис. 4а). Мощность линз первые сантиметры, протяженность до 20 см и более. В карстовых отложениях они хорошо сохраняются и удобны для всестороннего изучения (см. рис. 4б–4г).

В восток–северо-восточной части карьера в слое мрамора мощностью около 50 см

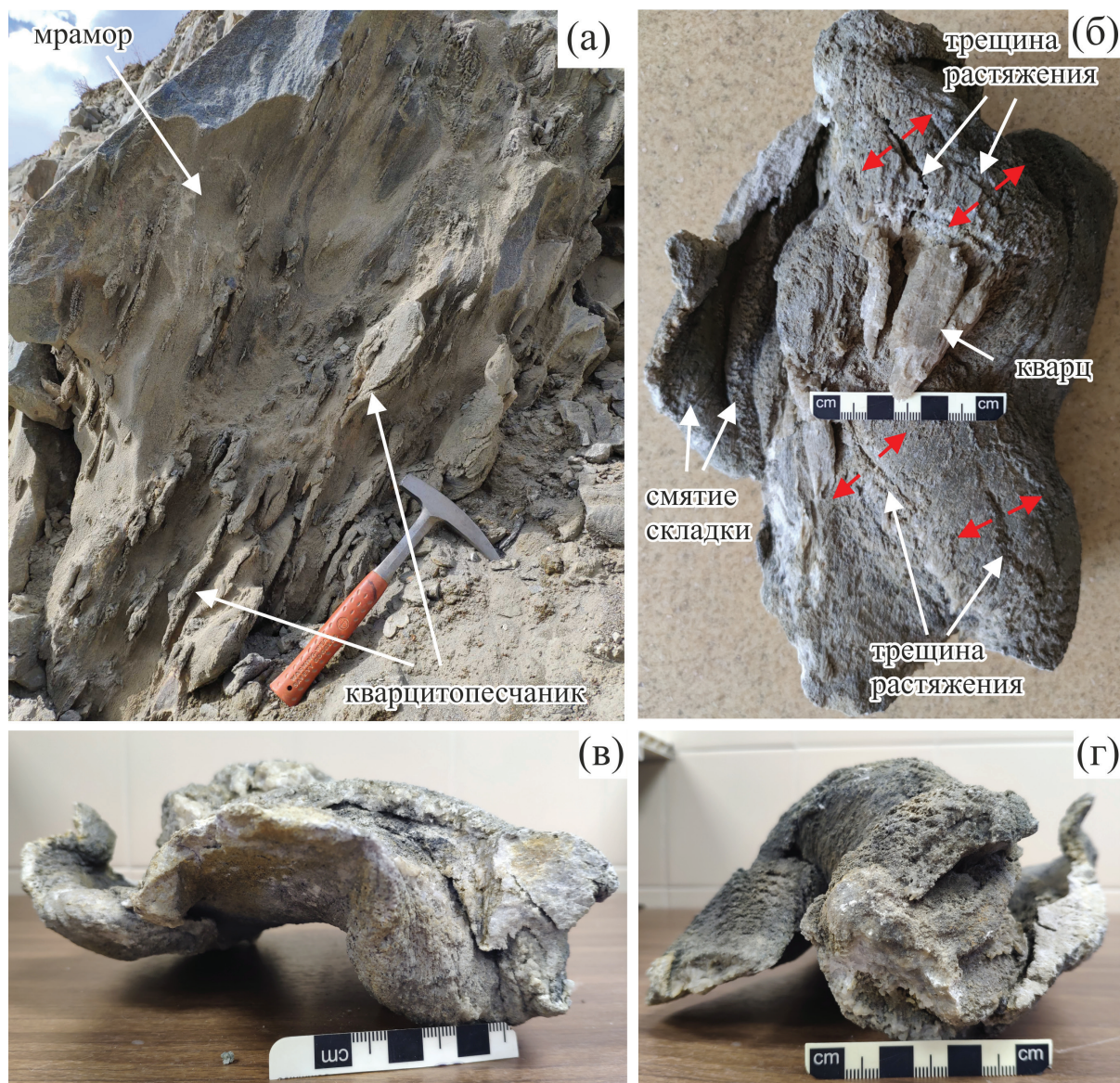


Рис. 4. Деформационные текстуры оползня в мраморах.

а — участок с многочисленными линзами кварцитопесчаника; б–г — линза кварцитопесчаников (б — вид сверху; в, г — вид с торцов). Длина молотка — 32 см.

наблюдаются текстуры гравитационного оползания. Деформационные текстуры относятся к прослоям мраморов белого цвета в массивном сером мраморе (рис. 5). Прослои светлых мраморов образуют рулеты (см. рис. 5а), сложные Z-складки (см. рис. 5б), веерообразные складки с пережатыми замками (см. рис. 5в), участки с растянутыми и разорванными слоями, с резким изменением мощности. В целом по падению наблюдается увеличение степени деформации и разрушения первичной слоистости. Наблюдаемые деформационные текстуры

осадка в пределах уступа высотой 6 м имеют южное падение по азимуту 190° при углах падения 70° – 75° .

Еленинская площадь

В восточной части Кочкарского антиклинория, на площади отработанной Еленинской россыпи наблюдается несколько обнажений кальцитовых мраморов с ритмичной слоистостью напластования и сложным ансамблем осадочных деформационных текстур (рис. 6). Ориентировка слоистости соответствует пологому западному

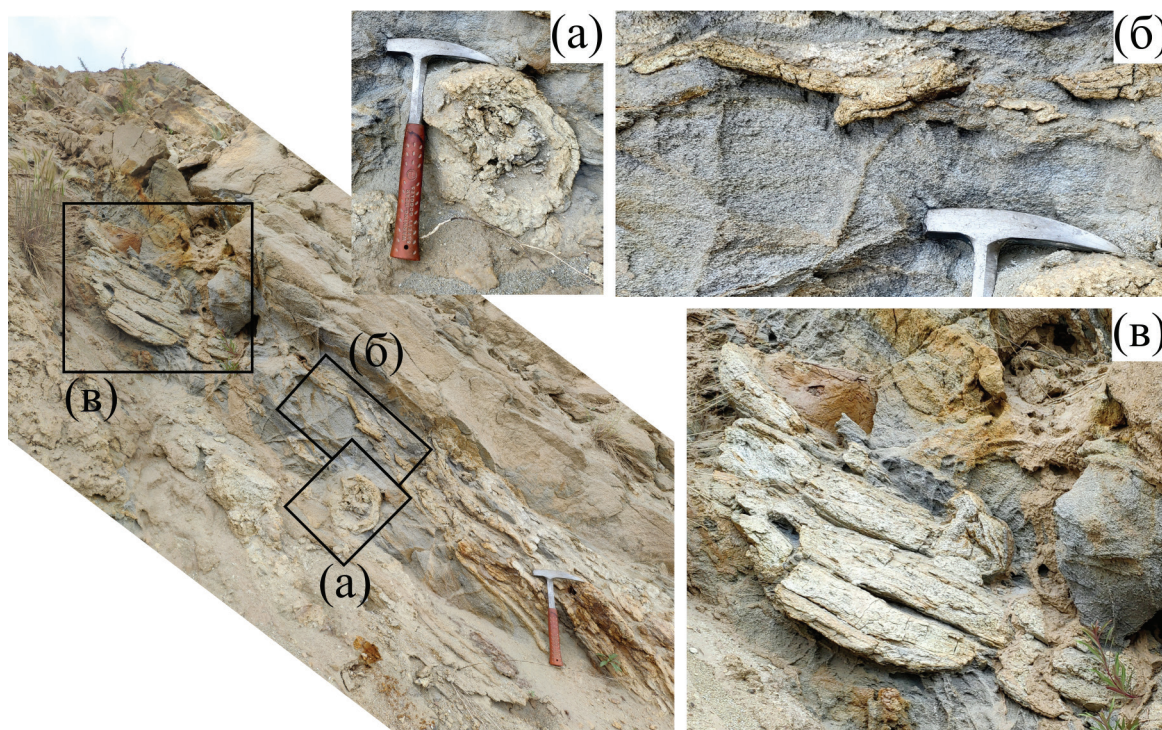


Рис. 5. Деформационные текстуры оползня (а – рулет; б – Z-складки; в – скупивание Z-складок).

падению слоев под углом до 30° . Мраморы средне-крупнозернистые с полосчатой текстурой, обусловленной чередованием прослоев кальцитового (белые) и кальцит-доломитового состава (светло-серые).

В разрезе последовательно чередуются деформированные и недеформированные слои (см. рис. 6а). Так, слой с деформационными текстурами (см. рис. 6б) имеет общую мощность около 1.5 м, сложен чередующимися прослоями мраморов невыдержанной мощности. Прослои кальцитового состава частично растащены и разлинзованы, иногда смяты в линейные складки. Кровля пласта скрыта осыпью, подошва деформирована текстурами нагрузки, проникающими в нижележащий недеформированный слой. Степень деформации осадка нарастает вверх по разрезу, что свидетельствует о возрастании скорости перемещения вышележащих осадков относительно нижележащих. Деформации пластов вызваны оползнем с ламинарным течением осадка без разрушения первичной слоистости. Недеформированный ритмично-слоистый слой с размывом залегает на нижележащем оползне, срезая его деформационные текстуры и складки.

На рис. 6б отчетливо проявлена нарушенная осадочная субпараллельная ритмичная слоистость в пласте мощностью около 2 м. В пласте

чередуются сильно деформированные слои крупнозернистого белого и мелкозернистого серого мрамора. Слоистость характеризуется быстрым изменением мощности, простирания, падения отдельных прослоев и слойков, отчетливо просматриваются Z-образные структуры, расположенные каскадом по падению толщи, структуры вдавливания и выжимания. По восстановлению мощность слоя резко утоняется до мощности слойков подстилающего мрамора. На рис. 6в отмечены текстуры пламени, характерные для деформаций сейсмического происхождения.

ОБСУЖДЕНИЕ ФАКТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Деформационные текстуры возникают в насыщенных водой неуплотненных осадках, находящихся вблизи поверхности осадконакопления, во время или вскоре после их осаднения [Архангельский, 1934; Maltman, 1984; Qiao et al., 1994; Montenat et al., 2007; Van Loon, 2009; Owen, Moretti, 2011; Du, 2011]. Примерами могут служить оползневые текстуры, текстуры нагрузки, конвolutная слоистость, текстуры отвода воды и нагнетания осадка, текстуры проседания и обрушения и другие [Атлас..., 1968; Van Loon, 2009;

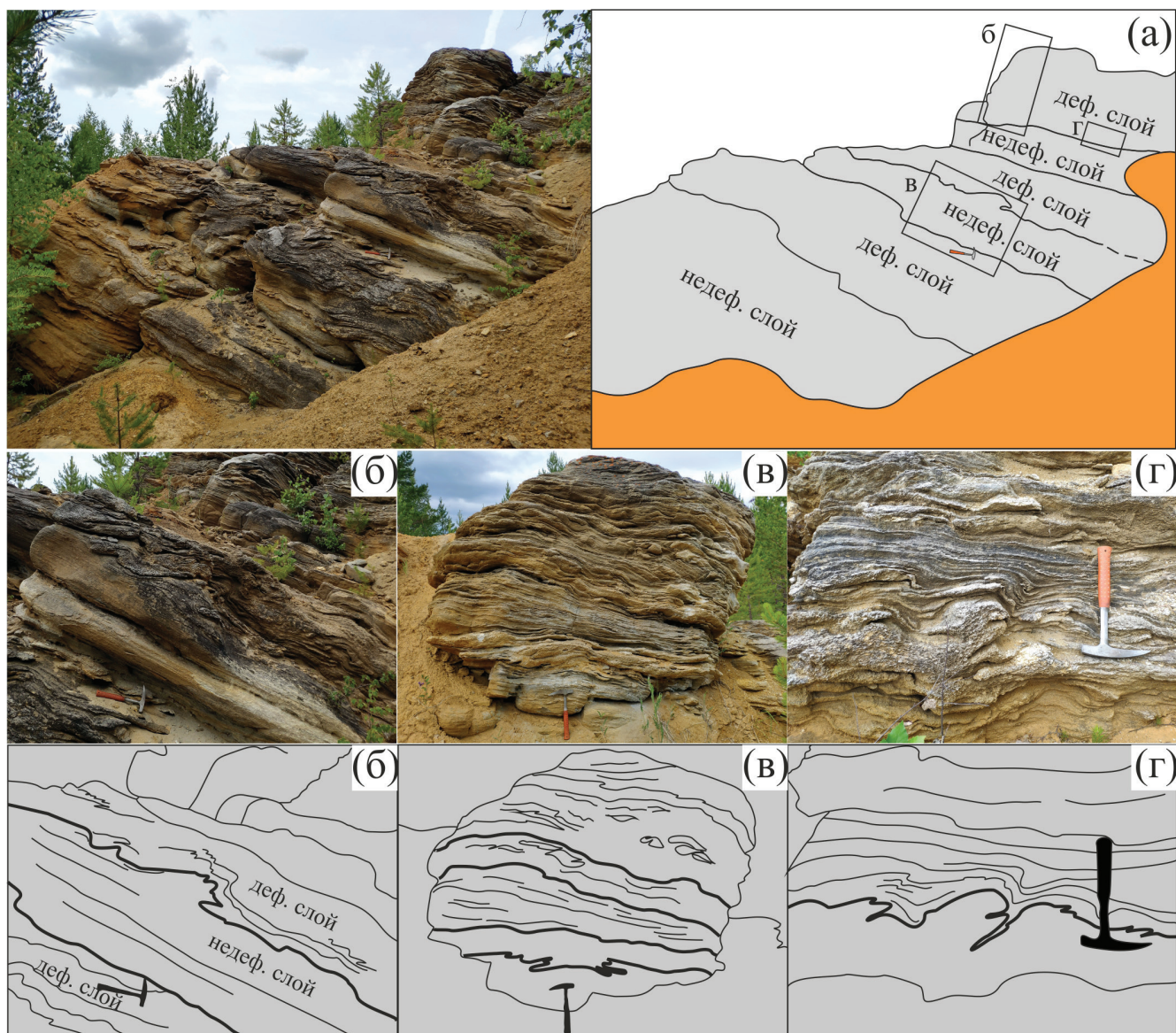


Рис. 6. Оползневые текстуры в карбонатных породах в плотике Еленинской россыпи (вид на юг).

а — ритмичность чередования деформированных и недеформированных слоев; б–г — фрагменты, показывающие: б — взаимоотношения деформированных пластов с недеформированными (ширина изображения 1.5 м), в — резкие изменения мощности слоев в пределах деформированного пласта (высота обнажения около 2 м), г — текстуры пламени.

Owen, Moretti, 2011]. Точно так же существует множество механизмов их образования, включающих активную тектонику, гравитацию, неравномерную нагрузку, различия в текучести, сдвиг водными потоками, биологическими и химическими факторами [Атлас..., 1968; Owen, Moretti, 2011]. Деформационные осадочные текстуры наблюдаются в отложениях различного литологического состава: кремнистых, песчано-глинистых, глинистых, глинисто-карбонатных и карбонатных [Spalluto et al., 2007; Mastrogiacomo et al., 2012;

Alencar et al., 2021; He et al., 2021]. Они встречаются во всех стратифицированных отложениях от докембрия до современных нелитифицированных осадков [Вассоевич, 1935; Верзилин, 1963; Деев и др., 2005; Деев и др., 2012; Гаврилов, 2017; Горожанин, 2019; Николаева и др., 2022; Owen, Moretti, 2008; Moretti, Ronchi, 2011; He et al., 2021].

Светлинский карьер

Совокупность геологических и морфологических признаков свидетельствуют о том, что

описанные выше деформационные текстуры осадка относятся к оползневым, образовавшимся в нелитифицированных терригенно-карбонатных отложениях раннекаменноугольного возраста. В качестве таких признаков можно назвать переслаивание терригенного и карбонатного материала, сложные деформации осадка (быстрое изменение мощности, простирания и падения, растаскивание, скручивание, расплющивание, выжимание, нагнетание, Z-текстуры, расслоение на твердую, жидкую и газовую фазы и др.), общее наклонное залегание в западных румбах.

Карбонатные породы на месторождении представлены мраморами, от мелкозернистых до среднезернистых; прослои и разлинзованные слои терригенного материала сложены кварцитами и микрокварцитами. Признаками деформационной текстуры первоначального осадка в мраморах являются морфология поверхностей и геометрическая форма отдельных тел. Мраморы с низкой степенью метаморфизма лучше сохранили характер взаимоотношений наблюдаемых разновидностей карбонатных осадков, что позволяет отличить текстуры деформаций разжиженного осадка от текстур пластического течения метаморфических пород [Waldron, 2011].

Оползневые текстуры хорошо сохранились на самых верхних горизонтах Светлинского карьера в темных мраморизованных известняках (см. рис. 3) кальцитового состава. На этих же горизонтах к юго-западу они сменяются светлыми мелкозернистыми доломитами с фаунистическими остатками визейского возраста, также с фрагментами оползневых структур. Появление доломитов объясняется дометаморфическим Mg-метасоматозом по известнякам [Кисин и др., 2022].

Оползневые текстуры в терригенно-карбонатных породах прослеживаются в борту карьера на глубину около 100 м. С глубиной быстро растет и уровень метаморфизма пород: фаунистические остатки в карбонатных породах исчезают уже на втором сверху уступе, а ниже в них появляются флогопит, мусковит, зеленый турмалин, тремолит, паргасит, фторапатит, пирит, пирротин, сфалерит, аподоломитовый тальк и другие минералы. Осадочные оползневые структуры наблюдаются в рисунках в мраморах, почти идентичных рисункам оползневых текстур в терригенно-карбонатных породах на верхних уступах карьера. Следовательно, зональный метаморфизм

частично наложен и на оползневые структуры, с образованием мраморов и сопутствующей минерализацией.

Наблюдаемая в карбонатных отложениях Светлинского месторождения конволютная слоистость имеет сейсмическое происхождение и, вероятно, связана с разжижением и деформацией осадка при землетрясении. Подобные текстуры типичны для осадков в сейсмически активных областях и относятся к текстурам внедрения осадка, испытавшего разжижение под воздействием сейсмического удара [Деев, 2012; Николаева, 2022 Montenat et al., 2007; Owen, Moretti, 2011]. Предполагается, что для такого рода деформаций [Carter, 1988] необходимы сейсмические толчки магнитудой не менее $M 5$ (по шкале Рихтера) и локальным пиковым ускорением грунта (PGA, Peak ground acceleration) не менее $0.2 g$ ($1 g$ равно 9.81 м/с^2).

Еленинская площадь

Установленные здесь деформационные текстуры осадка не могут быть объяснены иначе, как текстурами, вызванными гравитационным оползанием осадков. Здесь отчетливо проявлена тонкая осадочная субпараллельная ритмичная слоистость. На породах с подобной текстурой залегают сильно деформированные породы того же состава. Первичная слоистость в последних характеризуется быстрым изменением мощности, простирания, падения слоев; отчетливо выявляются Z-образные текстуры, расположенные каскадом по падению толщи. По восстанию пласта мощность его резко уменьшается до мощности слоев подстилающего мрамора.

Ритмичное чередование деформированных и недеформированных слоев наблюдаемое в обнажении Еленинской россыпи, характерно для осадков сейсмически активных областей, где периоды сейсмической активности сменяются периодами спокойного осадконакопления [Moretti, 2007]. Спусковым механизмом оползней здесь, с высокой степенью вероятности, являются сейсмические события, поскольку в основании одного из оползней встречены текстуры пламени, свидетельствующие о локальном разжижении карбонатного осадка [Деев, 2010, Spalutto et al., 2007].

Деформационные текстуры осадка и их характеристики указывают на постседиментационное разжижение карбонатных осадков. В связи с ограничением по простиранию и по падению исследованных обнажений в горных выработках,

крутым залеганием пластов и невозможностью корреляции обнажений, сделать выводы о спусковом механизме, вызвавшем образование тех или иных деформационных текстур осадка, не всегда представляется возможным. Вероятно, большая часть оползней связана с гравитационным оползанием осадка вследствие изменения наклона дна и (или) неравномерной нагрузки на осадок.

ВЫВОДЫ

В нижнекаменноугольных терригенно-карбонатных отложениях Кочкарского антиклинория установлены деформационные текстуры осадка (оползни) как несейсмического происхождения, так и связанных с палеосейсмическими событиями. Процесс накопления осадков сопровождался изменением уклона дна морского бассейна и землетрясениями. В оползнях сохранилась первичная слоистость осадков, которая свидетельствует о пологом уклоне дна морского бассейна, незначительном переносе осадков, низкой энергии оползня, недостаточной для образования турбулентных потоков, поэтому деформации осадков в основном связаны с ламинарным течением.

Возникновение мелководного морского бассейна на площади Кочкарского антиклинория, по предположению авторов, объясняется образованием надвигов в связи с началом позднепалеозойской уральской коллизии и опусканием прилегающих участков коры лежащего бока под действием вертикальной нагрузки. Изменение уклона дна морского бассейна и сейсмичность надвиговых зон вызвали возникновение подводных оползневых текстур и сейсмиков в нелитифицированных терригенно-карбонатных осадках. Позднее, уже в литифицированном состоянии, карбонатные отложения в составе стратиграфического разреза оказались включены в тектоническую структуру Кочкарского антиклинория и, по мере развития Уральской коллизии, стали неотъемлемой частью обрамления гранитоидных куполов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена в рамках темы ИГГ УрО РАН «Рудообразующие процессы и закономерности размещения месторождений полезных ископаемых во внутриплитных коллизионно-складчатых поясах» (номер госрегистрации 123011800011-2).

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Архангельский А.Д. Сернистое железо в отложениях Черного моря // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1934. Т. XII. № 3. С. 431–440.
- Атлас текстур и структур осадочных горных пород. Часть 2. Карбонатные породы / Под ред. А.В. Хабакова. М.: Недра, 1968. 700 с.
- Болтыров В.Б., Пыстин А.М., Огородников В.Н. Региональный метаморфизм пород северного обрамления Санарского гранитного массива на Южном Урале // Труды Свердловского горного института. 1973. Вып. 91. С. 53–66.
- Вассоевич Н.Б., Коротков С.Т. К познанию явлений крупных подводных оползней в олигоценовую эпоху на Северном Кавказе // Труды Нефтяного геолого-разведочного института. Серия А. 1935. Вып. 52. 46 с.
- Верзилин Н.Н. Влияние древних землетрясений и мутьевых потоков в меловом периоде на особенности осадконакопления в прибрежных частях Ферганского бассейна // Дельтовые и мелководно-морские отложения. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 149–154.
- Гаврилов Ю.О. Влияние палеосейсмических событий на строение осадочных толщ и процессы раннего литогенеза в разных по составу отложениях мезозоя–кайнозоя Северо-Восточного Кавказа // Труды Института геологии Дагестанского НЦ РАН. 2017. № 69-2. С. 4–11.
- Геология СССР. Т. XII. Ч. I. Кн. 2 / Под ред. П.И. Аладинского, В.А. Перваго, К.К. Золоева. М.: Недра, 1969. 304 с.
- Горожанин В.М., Горожанина Е.Н. Подводно-оползневые структуры в отложениях янгантауской свиты в Юрюзано-Сылвенской впадине Предуралья прогиба // Геологический вестник. 2019. № 2. С. 32–41.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Издание второе. Серия Южно-Уральская. Лист N-41-XIII (Пласт). Объяснительная записка / Глав. ред. А.В. Жданов. М.: Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2018. 205 с.
- Деев Е.В., Гибшер А.С., Чигвинцева Л.А. и др. Микросейсмодислокации (сейсмиды) в плейстоценовых осадках Горного Алтая // Докл. АН. 2005. Т. 403. № 1. С. 71–74.
- Деев Е.В., Зольников И.Д., Староверов В.Н. Отражение быстрых геологических процессов в отложениях

и текстурах (на примере разновозрастных комплексов Северной Евразии) // Литосфера. 2012. № 6. С. 14–35.

Кейльман Г.А. Мигматитовые комплексы подвижных поясов. М.: Недра, 1974. 200 с.

Кейльман Г.А., Болтыров В.Б., Бурьян Ю.И. и др. К вопросу о структурной эволюции Кочкарского антиклинория // Геология метаморфических комплексов Урала // Труды Свердловского горного института. Вып. 91. 1973. С. 38–45.

Кисин А.Ю., Коротеев В.А. Блоковая складчатость и рудогенез. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2017. 346 с.

Кисин А.Ю., Притчин М.Е., Озорнин Д.А. Геолого-структурная позиция Светлинского месторождения золота (Южный Урал) // Записки Горного института. 2022. Т. 255. С. 369–376.
<https://doi.org/org/10.31897/PMI.2022.46>

Мизенс Г.А. Седиментационные бассейны и геодинамические обстановки в позднем девоне—ранней перми юга Урала. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2002. 189 с.

Николаева С.Б., Толстобров Д.С., Королева А.О. и др. Гравитационные потоки в позднеледниковых морских отложениях реки Ура (Баренцевоморское побережье, Кольский регион) и их связь с сейсмичностью // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2022. Вып. 9. С. 175–180.

Смирнов Г.А. Материалы к палеогеографии Урала. Визейский ярус // Труды Горно-геологического института Уральского филиала АН СССР. 1957. Вып. 29. 119 с.

Огородников В.Н., Сазонов В.Н., Поленов Ю.А. Минералогия шовных зон Урала. Ч. 1. Кочкарский рудный район. Екатеринбург: УГГА, 2004. 216 с.

Смолин Д.А. Структурная документация золоторудных месторождений. М.: Недра, 1975. 240 с.

Сначев В.И., Шулькин Е.П., Муркин В.П., Кузнецов Н.С. Магматизм Восточно-Уральского пояса Южного Урала. Уфа: УОП БНЦ УрО АН СССР, 1990. 179 с.

Сначев В.И. Петрохимические особенности, условия метаморфизма и рудоносность карбонатных пород Кочкарского антиклинория (Южный Урал) // Нефтегазовое дело. 2022. Вып. 3. Т. 20. С. 6–16.

Ферштатер Г.Б. Петрология главных интрузивных ассоциаций. М.: Наука, 1987. 237 с.

Ферштатер Г.Б., Бородин Н.С. Петрология магматических гранитоидов (на примере Урала). М.: Наука, 1975. 288 с.

Alencar M.L., Correia Filho O.J., de Miranda T.S. et al. Soft-sediment deformation structures in Aptian lacustrine laminites: Evidence of post-rift paleoseismicity in the Araripe basin, NE Brazil // J.S. Am. Earth Sci. 2021. V. 105. 102955.

Carter D.P., Seed H.B. Liquefaction Potential of Sand Deposits Under Low Levels of Excitation. Berkeley: Earthquake Engineering Research Center University of California, 1988. 119 p.

Du Y.S. Discussion about studies of earthquake event deposit in China // J. Palaeogeogr. 2011. V. 13(6). P. 581–590.

He B.Z., Jiao C.L., Cai Z.H. et al. Soft-sediment deformation structures (SSDS) in the Ediacaran and lower Cambrian succession of the Aksu area, NW Tarim Basin, and their implications // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 2021. V. 567. 110237.

Maltman A. On the term ‘soft-sediment deformation’ // J. Struct. Geol. 1984. V. 6(5). P. 589–592.

Mastrogiacomo G., Moretti M., Owen G., Spalluto L. Tectonic triggering of slump sheets in the Upper Cretaceous carbonate succession of the Porto Selvaggio area (Salento Peninsula, Southern Italy): Synsedimentary tectonics in the Apulian Carbonate Platform // Sediment. Geol. 2012. V. 269–270. P. 15–27.

Montenat C., Barrier P., Estevou P.O., Hibsich C. Seismites: an attempt at critical analysis and classification // Sediment. Geol. 2007. V. 196(1–4). P. 5–30.

Moretti M., Sabato L. Recognition of trigger mechanisms for soft-sediment deformation in the Pleistocene lacustrine deposits of the Sant-Arcangelo Basin (Southern Italy): Seismic shock vs. overloading // Sediment. Geol. 2007. V. 196(1–4). P. 31–45.

Moretti M., Ronchi A. Liquefaction features interpreted as seismites in the Pleistocene fluvio-lacustrine deposits of the Neuquen Basin (Northern Patagonia) // Sediment. Geol. 2011. V. 235(3–4). P. 200–209.

Owen G., Moretti M. Determining the origin of soft-sediment deformation structures: A case study from Upper Carboniferous delta deposits in south-west Wales, UK // Terra Nova. 2008. V. 20(3). P. 237–245.

Owen G., Moretti M. Identifying triggers for liquefaction-induced soft-sediment deformation in sands // Sediment. Geol. 2011. V. 235(3–4). P. 141–147.

Qiao X.F., Song T.R., Gao L.Z. et al. Seismic sequence in carbonate rocks by vibration liquefaction // Acta Geologica Sinica. 1994. V. 7. Iss. 3. P. 243–265.

Spalluto L., Moretti M., Festa V., Tropeano M. Seismically-induced slumps in Lower-Maastrichtian peritidal carbonates of the Apulian Platform (southern Italy) // Sediment. Geol. 2007. V. 196(1–4). P. 81–98.

Van Loon A.J. Soft-sediment deformation structures in siliciclastic sediments: An overview // Geologos. 2009. V. 15(1). P. 3–55.

Waldron J.W.F., Gagnon J.-F. Recognizing soft-sediment structures in deformed rocks of orogens // J. Struct. Geol. 2011. V. 33(3). P. 271–279.

LANDSLIDE SEDIMENT STRUCTURES IN THE LOWER CARBONIFEROUS TERRIGENOUS-CARBONATE DEPOSITS OF THE KOCHKARSKY ANTICLINORIUM (SOUTHERN URALS)

M. E. Pritch^{1,*}, A. Y. Kisin^{1,**}, D. A. Ozornin^{1,***}

*¹Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Akad. Vonsovsky str., 15, Yekaterinburg, 620110 Russia*

**e-mail: pritchin@igg.uran.ru*

***e-mail: kisin@igg.uran.ru*

****e-mail: mr.ozornin@mail.ru*

The metamorphic framing of the granite-gneiss domes of the Kochkarsky anticlinorium (Southern Urals) includes a lower carboniferous terrigenous-carbonate strata that has experienced zonal metamorphism in conditions from epidote-amphibolite to greenschist facies. Numerous deformation structures of the sediment were found in the carbonate section of the marbles uncovered by the quarry at the Svetlinskoe gold deposit and in the bedrock of the Eleninskaya placer. The main types of structures are represented by landslides associated with the laminar flow of sediment, less often by seismites of various morphologies. The mechanism of formation of these structures is associated with the underwater gravitational landslide of an unconsolidated sediment caused by a change in the slope of the sea bottom and the impact of earthquakes. The source of seismic activity was regional faults limiting the anticlinorium, and probably the formation of granite-gneiss domes. The discovery of landslides and seismites in the terrigenous-carbonate strata of the anticlinorium gives an indication of the paleotectonic environment of its formation in the conditions of the Late Paleozoic Ural collision. The structural position of carbonate rocks in the anticlinorium indicates the shallow depth of formation of the granite-gneiss domes composing it.

Keywords: deformation structures, landslides, seismites, Lower Carboniferous, Kochkarsky anticlinorium, collision