

## ТЕКТОНИЧЕСКИЕ И ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В НАДСОЛЕВОЙ ТОЛЩЕ ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

© 2015 г. И. И. Чайковский, Т. А. Калинина, О. В. Коротченкова

Горный институт УрО РАН  
614007, г. Пермь, ул. Сибирская, 78а  
ilya@mi-perm.ru

Поступила в редакцию 19.09.2014 г.

Принята к печати 13.10.2014 г.

Выявлено симметричное расположение линейных структур, обусловленное концентрическим размещением антиклинальных гребней и радиальным – сдвиговыми нарушениями с центром, совпадающим с центром Соликамской впадины, что отражает сгруживание надсолевой толщи с ее бортов. Предполагается, что ее проскальзывание над соляными поднятиями могло вызвать перегиб и формирование трещин отрыва, благоприятных для нисходящей инфильтрации атмосферных вод. Эпигенетические процессы привели к выщелачиванию карбонатного материала с образованием субвертикальных зон, сложенных коллапс-брекчиями, вторичными глинами и глинистыми мергелями, и к значительной трансформации сульфатного, карбонатного и алюмосиликатного материала с образованием специфического парагенезиса минералов (анатаз, кадмиевый сфалерит, скелетный пирит).

Ключевые слова: *Верхнекамское месторождение солей, деформации, эпигенетические процессы.*

### ВВЕДЕНИЕ

Верхнекамское месторождение калийных и магниевых солей залегает в верхней части мощной (до 450 м) соляной толщи, контур которой близок очертаниям Соликамской впадины Предуральского краевого прогиба. Формирование соляной залежи происходило в кунгурское, а соляно-мергельной, терригенно-карбонатной и пестроцветной толщ надсолевого разреза (100–350 м) – в уфимское время ранней перми. До недавних пор считалось, что проявившиеся здесь тектонические деформации обусловлены продольным сжатием со стороны уральского складчатого комплекса. Этого мнения придерживался А.А. Иванов (Иванов, Воронова, 1975), который объяснял формирование субмеридиональных поднятий и прогибов в солях тангенциальными движениями, а также Н.М. Джиноридзе (Петротектонические основы..., 2000), связывающий проявление пликативных деформаций с принадвиговой складчатостью. Локальную природу деформаций предполагали В.И. Копнин (1965) и Б.М. Голубев (1973). Первый объяснял перемещение солей галокинезом, второй – гравитационным течением вдоль соляного ложа с восточного борта Соликамской впадины.

Полученные позднее данные позволили выявить в солях пересекающуюся диагональную складчатость, не совпадающую с простираем уральских структур, которая была связана с гравитационным срывом по многочисленным поверхностям внутри самой залежи и оползанием соляных масс к центру

Соликамской впадины (Чайковский, 2008, 2011). Интерференционная картина объяснялась соскальзыванием солей с юго-восточного и северо-восточного бортов к центральной наиболее глубокой части прогиба. Сгруживание к центру впадины предполагалось и для надсолевых толщ, однако наличие на поверхности соляного зеркала эрозийных врезов и залегание надсолевых пород на разных стратиграфических уровнях соляной залежи дали основание считать их самостоятельными структурными ярусами.

В процессе геологического анализа возможных причин катастрофических событий, имевших место в надсолевом разрезе Верхнекамского месторождения, были обнаружены протяженные линейные зоны с субвертикальными границами, в пределах которых мергели и глинистые известняки сменяются глинистыми мергелями и глинами (Андрейко, Чайковский, 2007). Приуроченность таких латеральных неоднородностей к осям антиклиналей и сдвиговым зонам позволила предположить, что проявление эпигенетических процессов обусловлено тектоническими причинами (Чайковский и др., 2013).

Таким образом, цель настоящей работы – установление специфики и взаимосвязи тектонических и эпигенетических процессов, проявившихся в надсолевой толще Верхнекамского месторождения.

### МЕТОДИКА РАБОТ

Исследования состояли из трех блоков. Первый заключался в региональном и локальном де-

шифровании топографической основы м-ба 1 : 500 000 и 1 : 100 000 для установления линейных структур Верхнекамского месторождения. Второй блок включал в себя документацию керна, составление колонок и расчленение разреза двух скважин, выявление литологических и литохимических особенностей аномальных зон. Для минералогической характеристики вторичных пород (третий блок) были отобраны пробы эпигенетических образований, концентраты которых просматривались на стереомикроскопе Leica MZ16, а затем изучались на сканирующем электронном микроскопе VEGA 3 LMN (Tescan) с системой рентгеновского энергодисперсионного микроанализа Oxford Instruments INCA Energy 250/X-max 20 (Горный институт УрО РАН).

### ДЕФОРМАЦИОННАЯ КАРТИНА НАДСОЛЕВОЙ ТОЛЩИ

Дешифрирование топографической основы м-ба 1 : 500 000 окраины Восточно-Европейской платформы позволяет наряду со сквозными дислокациями показать специфику линейного рисунка каждой тектонической структуры (рис. 1). Так, Центрально-Уральское поднятие и Западно-Уральская зона складчатости характеризуются преобладанием субмеридиональных и серповидных разломов. Последние связываются с гравитационным обкалыванием фронтальной части аллохтона при его выводе на выположенную часть поверхности сместителя (Чайковский, 2009). Для восточной окраины Волго-Уральской антеклизы типично существенное преобладание субширотных, а также более молодых сквозных диагональных нарушений, которые отвечают современной регматической сети. В Соликамской впадине Предуральского краевого прогиба линейные структуры формируют радиально-концентрический рисунок с центром в районе Соликамска и Березников, что свидетельствует об относительно локальном источнике тектонических сил.

Дешифрирование топографической основы м-ба 1 : 100 000 позволило детализировать линейную структуру Соликамской впадины и выявить две системы разрывов (рис. 2). Первые, формирующие концентрическую структуру, пространственно совмещены с выходами более древних пород, что позволяет рассматривать их как сближенную систему трещин в сводовой части антиклинальных гребней. Разломы второй системы являются главным образом диагональными. По периферии месторождения часть из них преобразуется в радиальные типа конского хвоста, а в прицентральной (район Березников и Соликамска) они разворачиваются дугообразно, формируя структуру, напоминающую песочные часы. Выполненные нами структурные наблюдения в горных выработках Третьего соликамского и Вто-

рого березниковского рудников показали, что часть из этих диагональных нарушений прослеживается и в нижележащей соляной толще, где они трассируются в виде зон пластического перегиба и системы кулисообразных открытых трещин, т.е. являются сдвиговыми.

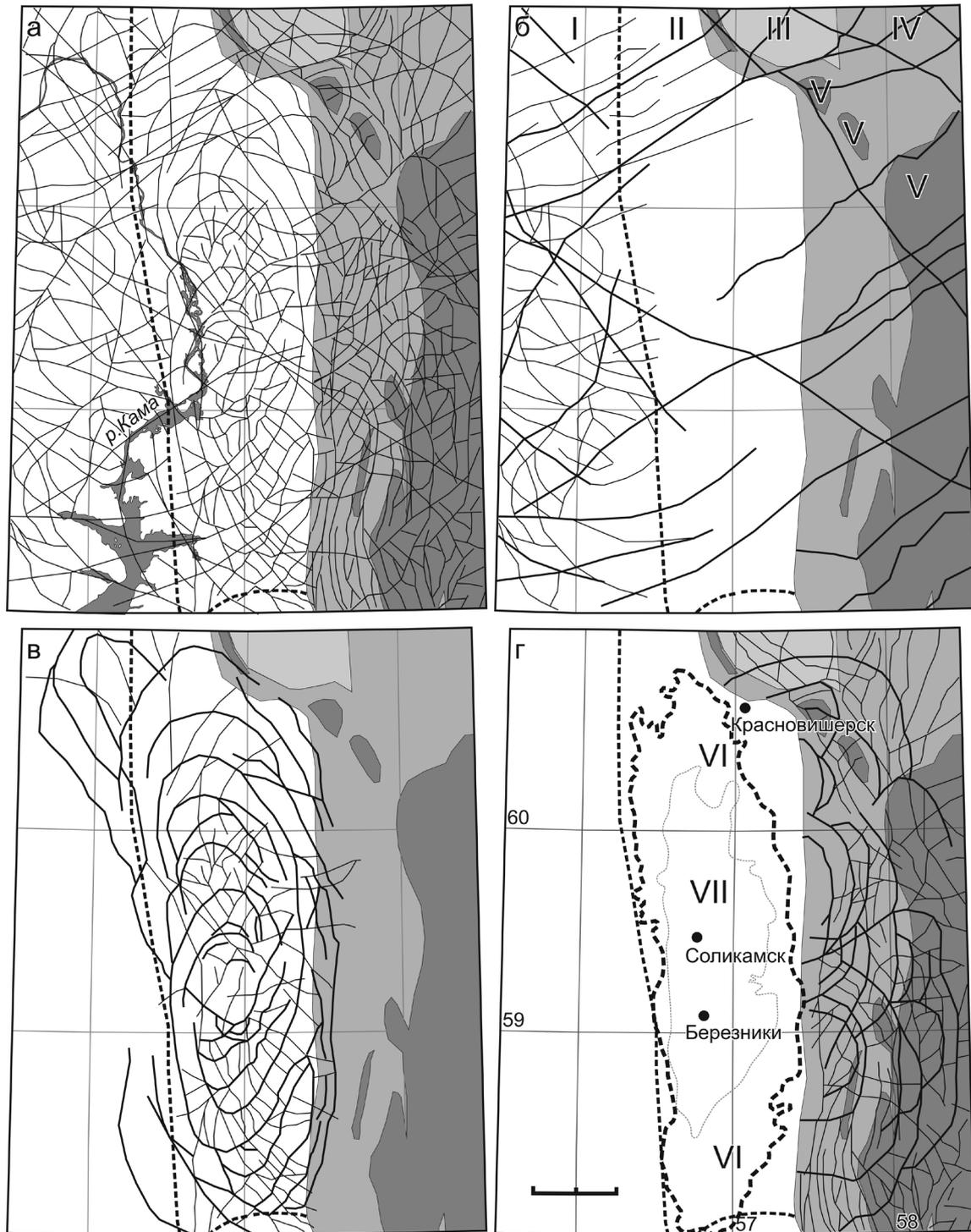
Структура, сходная с песочными часами, широко известна и формируется постоянно при лабораторных физико-механических испытаниях монолитов на одноосное сжатие за счет системы диагональных трещин скола. Таким образом, наблюдаемая радиально-концентрическая линейная картина является результатом центростремительного сгущения надсолевой толщи к центральной части Соликамской впадины. Ее максимальное укорочение в меридиональном направлении привело к формированию структуры песочных часов.

### ЛАТЕРАЛЬНАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ НАДСОЛЕВОГО РАЗРЕЗА

Надсолевой разрез Верхнекамского месторождения формировался в опресненном бассейне. В его основании залегает соляно-мергельная толща с маломощными прослоями гипсов, реже солей. Выше расположена терригенно-карбонатная толща, представленная переслаивающимися известняками и песчаниками. Доля терригенного материала постепенно возрастает в восточном направлении, отражая его снос с уральского орогена. Замыкают разрез песчаники, аргиллиты, реже конгломераты пестроцветной толщи. На поднятиях пестроцветы иногда полностью эродированы (рис. 3а).

Изучение разреза скважин 704/1, 704/2, вскрывших над локальным поднятием соляной залежи зону эпигенетического изменения надсолевых пород, позволило охарактеризовать ее литологические особенности. Наряду с интенсивной трещиноватостью (до глыбово-щебневого и дресвяно-щебневого материала) установлено, что глинистые известняки и мергели в районе исследуемых скважин преобразованы в глинистые мергели и глины (см. рис. 3б). Кроме того, отмечены брекчии и зоны карбонатизации.

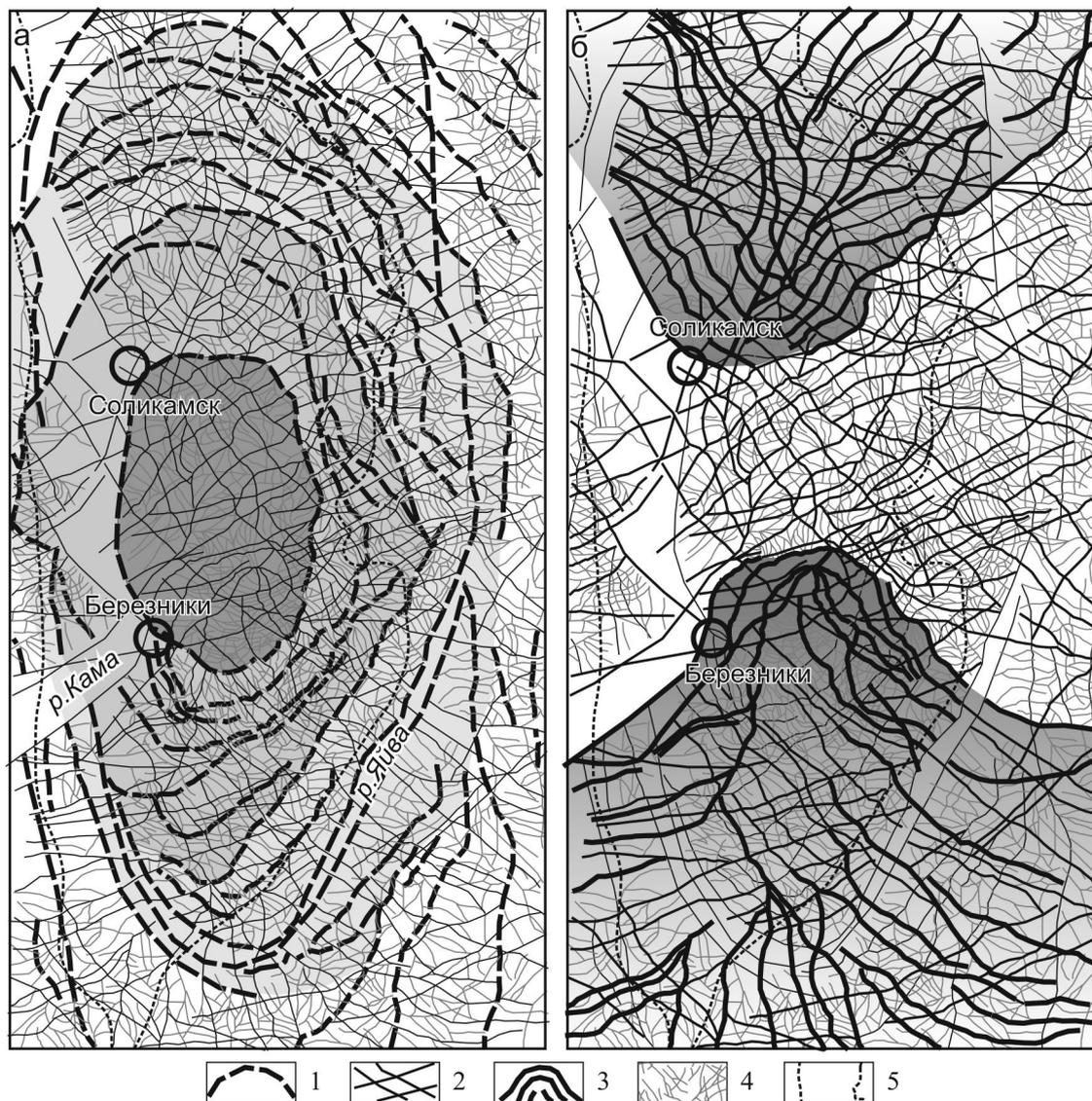
Среди выщелоченных пород выделены четыре типа образований. Первые представлены кавернозными карбонатными породами (известняки, глинистые известняки), сформировавшимися за счет избирательного растворения желваков ангидрита (рис. 4а). Стенки таких пустот инкрустированы кальцитом, который вниз по разрезу сменяется щетками ситовидного кварца, иногда с пиритом. Вторые характеризуются процессами декарбонатизации, которыми охвачены зоны мощностью до первых сантиметров, примыкающие к послойным и субвертикальным трещинам (см. рис. 4б). Третьи сложены мергелем и глинистым мергелем с заливообразными обособлениями реликтового глинистого



**Рис. 1.** Общая (а) и региональные (б–г) деформационные картины окраины Восточно-Европейской платформы. Сквозные нарушения: б – Волго-Уральской антеклизы, в – Предуральского прогиба, г – Уральского складчатого пояса. I – Волго-Уральская антеклиза; II – Соликамская впадина; III – Печорская плита; IV – Западно-Уральская зона складчатости; V – антиклинории Центрально-Уральского поднятия и Тимана; VI, VII – контур соляной (VI) и калийной (VII) залежей Верхнекамского месторождения.

**Fig. 1.** The general (а) and regional (б–г) deformation pictures of the East European platform margin.

Through dislocations of the Volga-and-Ural anteclise (б), the Pre-Ural foredeep (в) and the Urals (г). I – Volga-and-Ural anteclise; II – Solikamsk depression; III – Pechora plate; IV – the West Ural folding zone; V – anticlinoriums of the Central Ural elevation and Timan; VI, VII – a contour of salt (VI) and potassic (VII) bodies of the Verkhnekamskoe deposit.



**Рис. 2.** Деформационная картина надсолевой толщи Верхнекамского месторождения.

а – концентрическая структура, б – структура песочных часов. 1–4 – разломы: 1 – концентрические, 2 – диагональные, 3 – радиальные, 4 – локальные внутриблоковые; 5 – контур калийной залежи.

**Fig. 2.** Deformation picture of over-salt series of Verkhnekamskoe deposit.

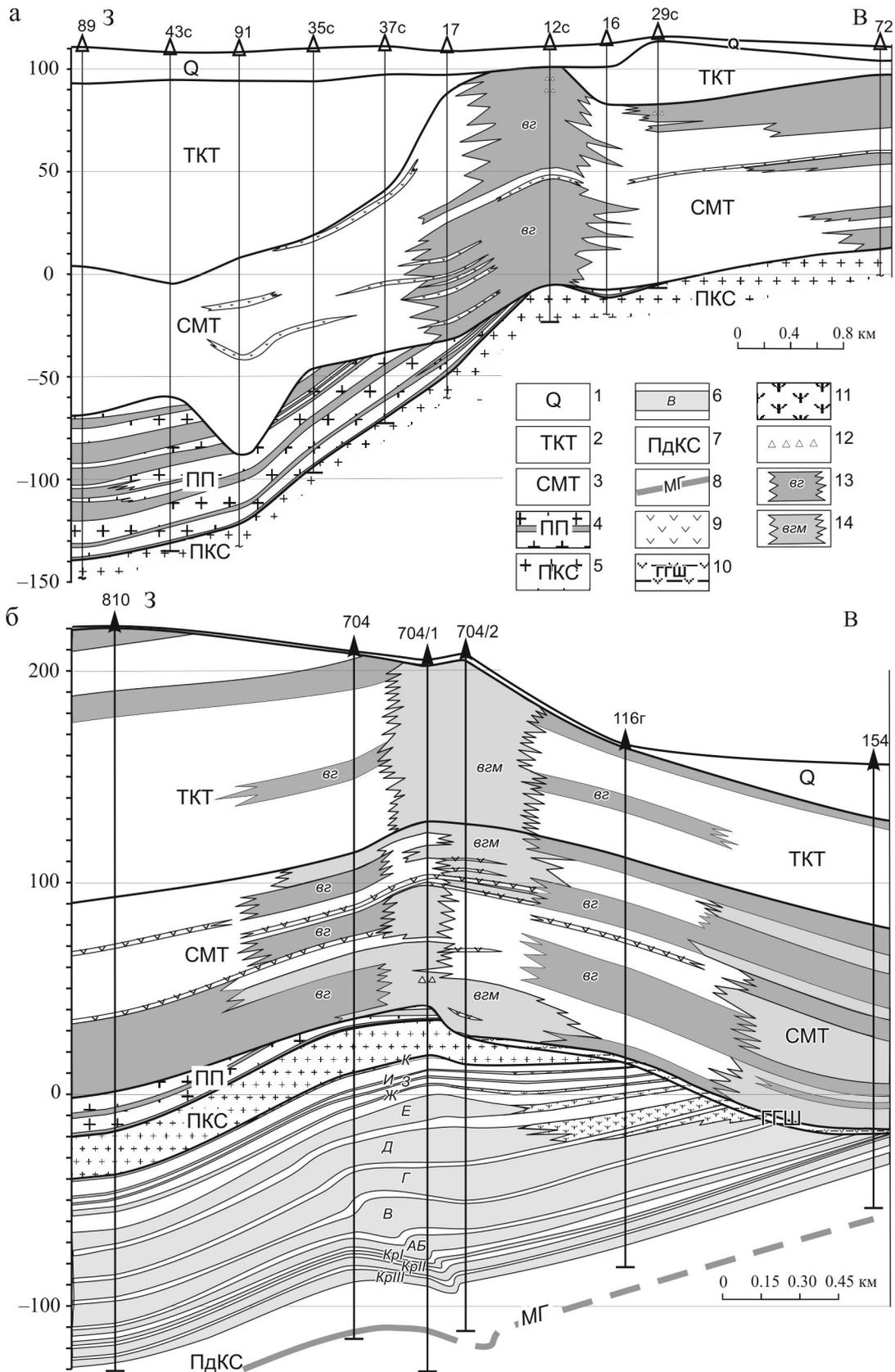
а – concentric structure, б – hourglasses structure. 1–4 – faults: 1 – concentric, 2 – diagonal, 3 – radial, 4 – local intrablock; 5 – contour of a potassic body.

**Рис. 3.** Геологические разрезы зон декарбонатизации в надсолевой толще Верхнекамского месторождения.

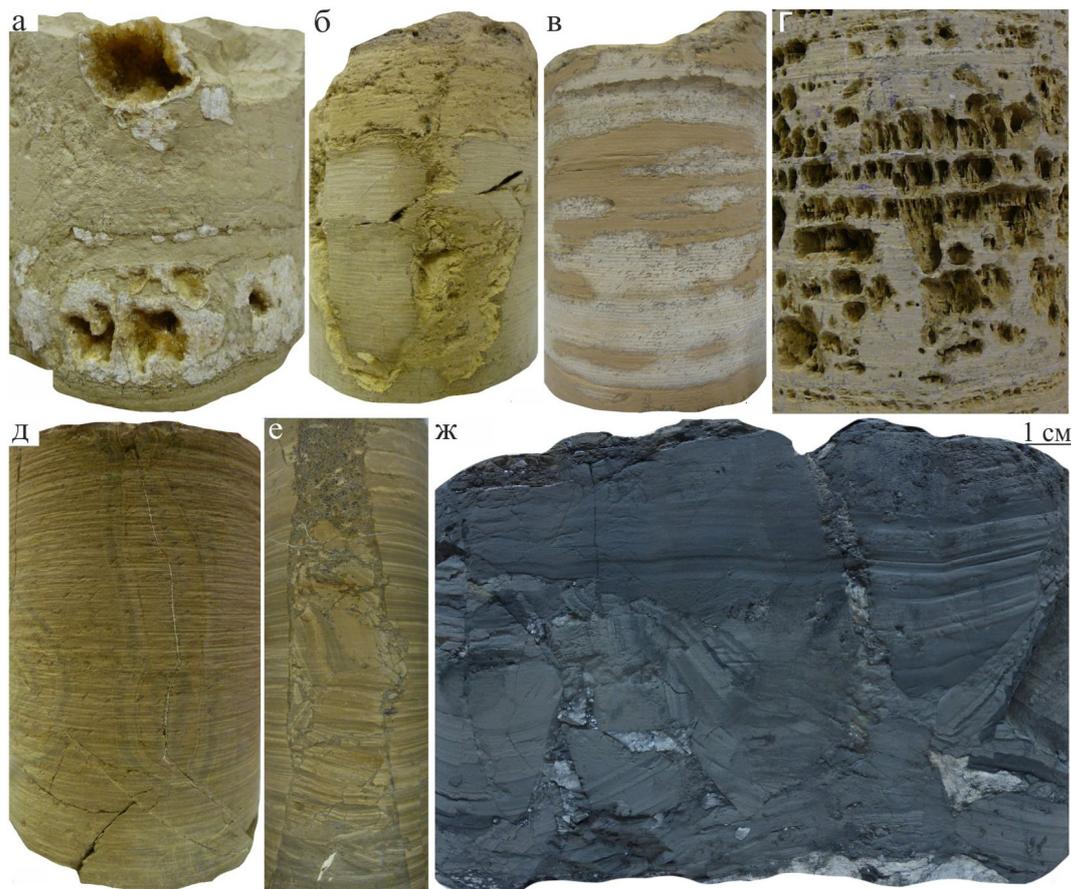
а – Березниковский участок, б – Половотовский участок. 1 – четвертичные отложения (пески, суглинки, глины); 2 – терригенно-карбонатная толща (преимущественно известняки, реже песчаники); 3 – соляно-мергельная толща (мергели с прослоями гипсов); 4 – переходная пачка (каменная соль с прослоями глин и мергелей); 5 – покровная каменная соль; 6 – карналлитовые и сильвинитовые пласты и их индекс; 7 – подстилающая каменная соль; 8 – маркирующий горизонт (глины и ангидритовые мергели); 9 – гипс; 10 – глинисто-гипсовая шляпа (кепрок); 11 – вторичные соли (сильвиниты и галититы по карналлитам, галититы по сильвинитам); 12 – брекчии; 13, 14 – вторичные глины (*вз*) и глинистые мергели (*взм*) по мергелям и глинистым известнякам.

**Fig. 3.** The geological sections across decalcified zones in over-salt series of Verkhnekamskoe deposit.

а – Berezniki plot, б – Polovodovo plot. 1 – Quaternary deposits (sand, loams, clays); 2 – terrigenous-carbonate sequence (mainly limestones, rare sandstones); 3 – salt-marl sequence (marl with gypsum layers); 4 – transitional unit (rock salt with clay and



marl layers); 5 – overlying rock salt; 6 – carnallite and sylvinite layers and its numbers; 7 – underlying rock salt; 8 – marker horizon (clays and marl with anhydrite); 9 – gypsum; 10 – gypsum-clayey caprocks; 11 – secondary salts (sylvinite and halite after carnallite, halite after sylvinite); 12 – breccia; 13, 14 – secondary clays ( $\theta_2$ ) and clayed marl ( $\theta_{2M}$ ) after marl and clayed limestone.



**Рис. 4.** Горные породы зон выщелачивания и карбонатизации.

а – пустоты выщелачивания ангидрита; б – декарбонатизация вдоль согласных и секущих трещин; в – декарбонатизация с реликтами глинистого известняка; г – ячеистый агрегат; д – кольца Лизеганга; е, ж – коллапс-брекчия.

**Fig. 4.** Rocks of leaching and carbonization zones.

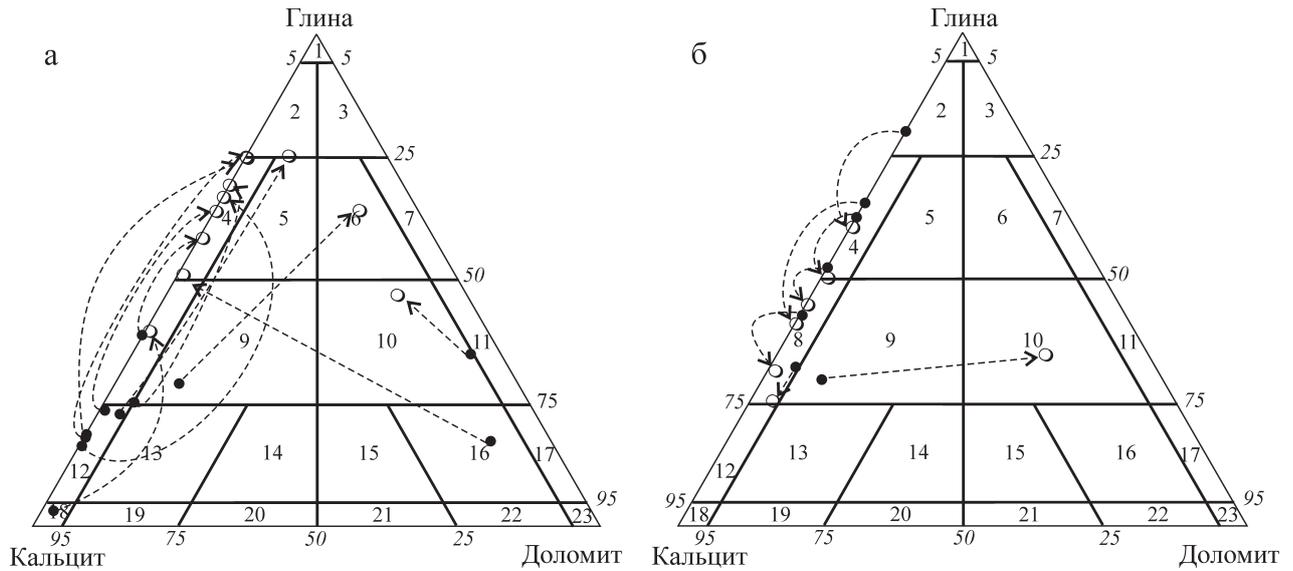
a – emptiness after leached anhydrite; б – decalcified zones along accordant and cross fractures; в – decalcified rock with clay limestone relicts; г – the cavernous aggregate; д – Liesegang banding; е, ж – collapse-breccias.

известняка (см. рис. 4в). Четвертые выделяются ячеисто-кавернозным строением (см. рис. 4г), обусловленным вертикальными и послойными кальцитовыми перегородками, между которыми иногда сохраняется несвязанный глинистый материал. Локальный химический анализ первичных и измененных участков второго, третьего и четвертого типа выщелоченных пород позволил установить вынос до 55% карбоната кальция, реже магния (рис. 5а).

Зоны карбонатизации проявлены в виде ритмичных концентрических светлых полос – колец Лизеганга, рисунок которых определяется системой трещин (см. рис. 4д). Исследование их химического состава показало, что осветление пород обусловлено известковым, реже магниальным диффузионным метасоматозом (см. рис. 5б). Отмечено, что выщелачивание может накладываться на породы, ранее подверженные карбонатизации, что указывает на “смещение” этих процессов вниз по разрезу.

Как в терригенно-карбонатной, так и в соляно-мергельной толщах выявлены брекчии (см. рис. 4е, ж), образование которых связывается с уменьшением объема пород в результате выщелачивания и просадки (коллапс-брекчии).

Таким образом, изучение литологии субвертикальных зон, сложенных существенно глинистым материалом, показало, что их образование связано с процессами выщелачивания карбонатной составляющей. При этом происходит уменьшение объема пород с образованием брекчии и проявление локальной карбонатизации в виде колец Лизеганга. Предполагается, что вынос вещества и формирование полостей даже в таких неблагоприятных для карста породах, как мергели, обусловлены тектонической раздробленностью толщи и присутствием в разрезе рассеянных желваков ангидрита, растворение которого увеличивает агрессивность подземных вод.



**Рис. 5.** Соотношение кальцита, доломита и глины в первичных и измененных участках пород зон выщелачивания (а) и карбонизации (б) на диаграмме С.Г. Вишнякова (1933 г.).

Черный кружок – первичный состав, незакрашенный – измененный. Классификация карбонатных и глинисто-карбонатных пород: 1 – глина; 2 – глина доломитисто-известковистая; 3 – глина известковисто-доломитистая; 4 – мергель глинистый; 5 – мергель глинистый, доломитисто-известковый; 6 – мергель глинистый, известковисто-доломитовый; 7 – мергель глинистый, доломитовый; 8 – мергель; 9 – мергель доломитисто-известковый; 10 – мергель известковисто-доломитовый; 11 – мергель доломитовый; 12 – известняк глинистый; 13 – известняк глинистый доломитистый; 14 – известняк глинистый доломитовый; 15 – доломит глинистый известковый; 16 – доломит глинистый известковистый; 17 – доломит глинистый; 18 – известняк; 19 – известняк доломитистый; 20 – известняк доломитовый; 21 – доломит известковый; 22 – доломит известковистый; 23 – доломит.

**Fig. 5.** A ratio of calcite, dolomite and clay in primary and altered sites of rocks from leaching and carbonization zones on S.G. Vishnyakov's triangular diagram (1933).

Black circles – primary composition, unshaded circle – altered ones. Classification of carbonate and clay-and-carbonate rocks: 1 – clay; 2 – dolomitic-and-calcareous clay; 3 – calcareous-and-dolomitic clay; 4 – clay marl; 5 – clay dolomitic-and-calcareous marl; 6 – clay calcareous-and-dolomitic marl; 7 – clay dolomitic marl; 8 – marl; 9 – dolomitic-and-calcareous marl; 10 – calcareous-and-dolomitic marl; 11 – dolomitic marl; 12 – clay limestone; 13 – clay limestone with dolomite; 14 – clay dolomitic limestone; 15 – clay calcareous dolomite; 16 – clay dolomite with calcite; 17 – clay dolomite; 18 – limestone; 19 – limestone with dolomite; 20 – dolomitic limestone; 21 – calcareous dolomite; 22 – dolomite with calcite; 23 – dolomite.

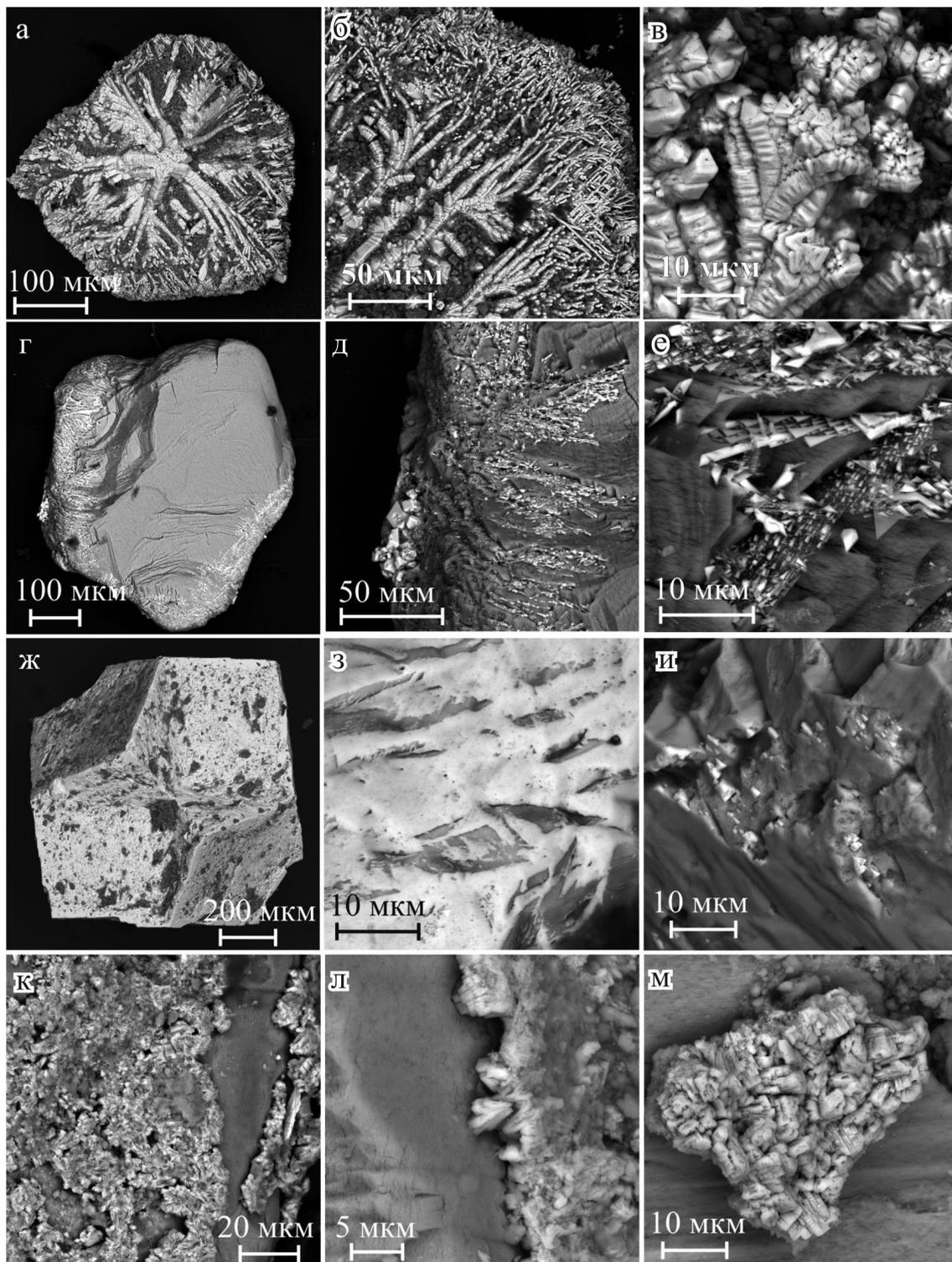
### МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОН ДЕКАРБОНАТИЗАЦИИ

Для минералогической характеристики интервалов, подверженных декарбонизации, были отобраны пробы из основания соляно-мергельной толщи, сложенной глиной с дресвой и щебнем гипс-доломитовой породы.

Поверхность обломков покрыта субидiomорфными кристаллами доломита и гипса, что свидетельствует об их регенерации после дробления прослоев карбонатно-сульфатного состава. Кроме обломков в глине установлены кристаллы доломита, гипса, кварца, пирита, халькопирита, сфалерита и анатаза. Наряду с типичными для соляной залежи минералами и формами их проявления здесь зафиксированы специфические выделения пирита, высококадмиевые каймы на кристаллах сфалерита, а также анатазовые оторочки на зернах гипса и доломита (рис. 6).

Вместе с кристаллами октаэдрического габитуса (±гексаэдр) пирит отмечен в виде двух типов скелетных кристаллов. Первые развиваются вдоль плоскостей спайности и трещин в кристаллах гипса и могут замещать их полностью. Вторые формируют почковидные выделения с кристалломорфными (октаэдр + гексаэдр) очертаниями и дендритовидным строением. Предполагается, что их расщепление связано с дефектным ростом в глинистом субстрате.

Сфалерит представлен метакристаллами размером около 0.5 мм, сформированными гранями двух тетраэдров, двойниками прорастания, а также ксеноморфными зернами от светлого медового до красного цвета. Он содержит многочисленные пойкилитовые вроски глинистого материала, доломита, пирита и характеризуется устойчивой примесью кадмия (до 4 мас. %). Практически на всех зернах сфалерита установлено наличие корочки с содержанием Cd до 15.85 мас. %, а на гранях меньшего по площади тетраэдра зафиксированы



**Рис. 6.** Типоморфные минеральные образования зоны декарбонатизации.

а-е – скелетный пирит (а-в – дендритовидного строения из глины, г-е – вроски в гипсе); ж – сфалерит (четверник прораствания); з – кадмиевая корочка на сфалерите; и – твердый раствор сфалерита-хоулиита на сфалерите; к-м – корочки анатаза на гипсе.

**Fig. 6.** Typomorphic minerals of decalcified zones.

а-е – skeletal pyrite (а-в – with dendritic strurture from clay, г-е – interpositions in gypsum); ж – sphalerite (interpenetration quadrangle); з – cadmic crust on sphalerite; и – sphalerite-hawleyite solid solution on sphalerite; к-м – an anatase crusts on gypsum.

эпитаксические нарастания тетраэдров, представляющих собой твердый раствор сфалерита и хоулиита (Cd до 58.44 мас. %).

На некоторых кристаллах гипса и доломита были установлены необычные розовато-бежевые кристаллические корочки оксида титана с относительно гладкой поверхностью и острыми вершинами, ориентированными в сторону карбоната или сульфата; дипирамидальные грани дают основание сопоставлять его с анатазом.

Наличие сульфидов в декарбонатизированном мергеле связывается с процессами сульфатредукции в присутствии сульфат-иона. Скелетные кристаллы пирита, врастающие в индивиды гипса, дают основание предполагать, что восстановление серы могло происходить не только за счет жизнедеятельности бактерий, но и абиогенно. Высокое содержание кадмия в сфалерите и отсутствие примеси железа, в отличие от зон пирротинизации в соляной толще (Чайковский и др., 2012), свидетельствуют о низких температурах (Годовиков, 1983), при которых происходила гипергенная трансформация исходной породы. Анатазовые каймы замещения на зернах гипса и доломита отражают значительную гидролизную трансформацию алюмосиликатного материала и вместе с другими минералами (Чайковский и др., 2009) – разнообразные процессы проявленной здесь псевдоморфизации.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наличие на поверхности соляного зеркала эрозионных врезов и залегание надсолевых пород на разных стратиграфических уровнях соляной залежи свидетельствуют о том, что надсолевые отложения начали формироваться после основной складчатости и частичного размыва соляной толщи. Симметричность линейных структур, обусловленная концентрическим расположением антиклинальных гребней и радиальным – сдвиговых нарушений с центром, совпадающим с центром Соликамской впадины, отражает сгуживание надсолевой толщи к ее центру. Проскальзывание надсолевой толщи над соляными поднятиями вызывает ее перегиб и формирование трещин отрыва, благоприятных для нисходящей инфильтрации атмосферных вод. Последние растворяют рассеянный в породе ангидрит, что увеличивает агрессивность подземных вод и вызывает активное выщелачивание карбонатного материала с образованием субвертикальных зон, сложенных вторичными глинами и глинистыми мергелями. Процессы преобразования приводят не только к выносу извести,

провоцирующему процессы оседания с образованием коллапс-брекчий, но и к значительной трансформации сульфатного, карбонатного и алюмосиликатного материала с образованием специфического парагенезиса минералов, отличного от такового в соляной толще.

*Работа выполнена в рамках Программы Президиума РАН № 27, проект № 12-П-5-1025.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андрейко Л.В., Чайковский И.И. (2007) Геология катастроф: О роли природных факторов в пространственной локализации техногенных аварий. *Стратегия и процессы освоения георесурсов*. Пермь: ГИ УрО РАН, 10-12.
- Годовиков А.А. (1983) Минералогия. М.: Недра, 647 с.
- Голубев Б.М. (1973) О природе сил, обусловивших послонное течение солей и образование соляных структур Верхнекамского месторождения. *Тр. Камского отделения ВНИГНИ. Вып. 118*, 239-246.
- Иванов А.А., Воронова М.Л. (1975) Верхнекамское месторождение калийных солей. Л.: Недра, 219 с.
- Копнин В.И. (1965) Условия развития соляной тектоники в Соликамской депрессии. *Тр. ВНИГНИ. Вып. 46*. М.: Камский фил-л ВНИГНИ, 121-129.
- Петротектонические основы безопасной эксплуатации Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей. (2000) (Под ред. Н.М. Джиноридзе). СПб.; Соликамск: ОГУП Соликамск, 400 с.
- Чайковский И.И. (2008) Основные этапы формирования тектонических нарушений в водозащитной толще Верхнекамского калийного месторождения. *Горн. журн.* (10), 41-44.
- Чайковский И.И. (2009) О природе серповидных линейментов на восточной окраине Восточно-Европейской платформы. *Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России. Т. 2*. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 170-171.
- Чайковский И.И. (2011) Иерархия и природа складок в солях Верхнекамского месторождения. *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Вып. 14*. Пермь: Перм. ун-т, 260-271.
- Чайковский И.И., Зайцева Е.П. (2009) Эпигенетическая трансформация эвапоритов Верхнекамского месторождения. *Петрогенезис и рудообразование*. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 233-234.
- Чайковский И.И., Чиркова Е.П., Каблинов О.С., Калинина Т.А. (2013) Структурно-вещественная модель Верхнекамского месторождения как основа его безопасного освоения. *Горн. журн.* (6), 8-11.
- Чайковский И.И., Чиркова Е.П., Корочкина Е.О. (2012) Минералогия зоны сульфидизации в солях Верхнекамского месторождения. *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Вып. 15*. Пермь: Перм. ун-т, 85-90.

*Рецензент Г.А. Мизенс*

## Tectonic and epigenetic processes in over-salt series of Verkhnekamskoye deposit

I. I. Chaikovsky, T. A. Kalinina, O. V. Korotchenkova

*Mining Institute, Urals Branch of RAS*

Topographic base interpretation revealed symmetric structure of Solikamsk basin lineations. It is caused by a concentric arrangement of anticlinal brows and radial disposition of **strike-slip dislocations**. **Such structure reflects piling up of over-salt deposits from its edge to central part of Solikamsk basin. Slipping of over-salt deposits above salt uplifts could cause its bend and formation of cracks separation favoring downward infiltration of atmospheric waters.** Epigenetic processes led to leaching of carbonate material to form near-vertical zone composed collapse-breccias, secondary clay and clayey marl, and also considerable transformation of sulphate, carbonate and aluminosilicate materials with formation of a specific mineral paragenesis (anatase, cadmium-bearing sphalerite, skeletal pyrite).

Key words: *Verkhnekamskoye salt deposit, deformations, epigenetic processes.*