

На правах рукописи



Трапезников Данил Евгеньевич

**ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ И ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ
ОБСТАНОВКИ СОЛИКАМСКОЙ ВПАДИНЫ
В УФИМСКОЕ ВРЕМЯ**

Специальность 25.00.01 – Общая и региональная геология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Пермь – 2019

Работа выполнена в «Горном институте Уральского отделения Российской академии наук» – филиале Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (“ТИ УрО РАН”), г. Пермь

Научный руководитель: **Чайковский Илья Иванович**
доктор геолого-минералогических наук

Официальные оппоненты: **Пучков Виктор Николаевич**
доктор геолого-минералогических наук,
член-корреспондент РАН.
ФГБУН Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого Уральского отделения РАН (ИГГ УрО РАН), г. Екатеринбург

Силантьев Владимир Владимирович
доктор геолого-минералогических наук, доцент.
Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт Российской академии наук, г. Москва

Защита состоится «___» _____ 2019 года в ___ часов на заседании диссертационного совета Д 999.207.02 в ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» по адресу: 614990, г. Пермь, ул. Букирева 15, зал заседаний Учёного совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» по адресу: 614990, г. Пермь, ул. Букирева 15.

Электронная версия автореферата размещена на официальном сайте ВАК при Министерстве образования и науки РФ: vak.ed.gov.ru/vak и на сайте ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»: www.psu.ru.

Автореферат разослан «___» _____ 2018 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Мещерякова О.Ю.

Актуальность темы диссертации заключается в необходимости создания обновленной схемы литологической стратификации уфимских отложений для Соликамской впадины и детальной палеогеографической реконструкции развития впадины для завершающего этапа раннепермского времени, в которое происходили наиболее значимые тектонические события, определившие дислоцированность отложений Соликамской впадины и Верхнекамского месторождения солей.

Цель работы заключается в восстановлении палеогеографических и палеотектонических обстановок района Соликамской впадины в уфимское время.

Задачи исследований.

1. Литологический анализ геологических разрезов солеразведочных, нефтяных и структурных скважин в пределах Соликамской впадины.

2. Расчленение, корреляция и выделение типов разрезов уфимских отложений Соликамской впадины.

3. Анализ цикличности отложений и закономерностей их изменения во времени.

4. Структурно-геологический анализ разрезов для выявления структурно-блокового строения надсолевой толщи и установления времени основных тектонических событий.

5. Фациальные, палеогеографические и палеотектонические реконструкции.

6. Общий анализ эволюции осадочного бассейна и создание историко-геологической модели развития Соликамской впадины в уфимское время.

Фактический материал собран автором в период 2014-2018 гг. Основным источником информации при проведении исследований в рамках этой работы послужили материалы 1516 солеразведочных скважин, 1457 скважин структурного бурения, а также 320 нефтяных скважин, что позволило проследить основные границы надсолевой, соляной и подсолевой толщ, как внутри контура ВКМС, так и за его пределами.

Научная новизна работы заключается в следующем.

1. Составлена серия литолого-геологических разрезов широтного и меридионального простираия, отражающих разломно-блоковую структуру надсолевой толщи.

2. Установлены фациальные особенности формирования уфимских осадков и составлена серия литолого-палеогеографических карт.

3. Существенно детализирована история геологического развития Соликамской впадины.

Практическая значимость результатов исследований.

Разработанная модель развития Соликамской впадины в уфимское время дает надежную основу для решения ряда проблем, связанных с доразведкой и эксплуатацией Верхнекамского месторождения солей, а также нефтяных месторождений в пределах этой площади. Выявленная разломно-блоковая структура надсолевой толщи позволяет прогнозировать ослаблен-

ные водопроницаемые структуры, представляющие угрозу разработки легко растворимых солей.

Личный вклад. Автором, а также при его непосредственном участии, изучен керн 12 солеразведочных скважин общей протяженностью более 1500 метров, проведен петрографический и фациальный анализ каменного материала. На основе анализа данных структурных, солеразведочных и нефтяных скважин, автором совместно с И.И. Чайковским и О.И. Галиновой построено более 40 литолого-геологических разрезов через всю территорию Соликамской впадины. Самостоятельно составлены разнообразные схемы стратиграфической и литологической корреляции, структурные карты, карты изопахит, палеотектонические блок-диаграммы и серии литолого-палеогеографических карт, что позволило выполнить палеогеографический и палеотектонический анализы. Также автором самостоятельно проведены теоретическое обобщение полученных данных и формулировка защищаемых положений.

Основные защищаемые положения.

1. Отложения нижнесоликамской подсвиты Соликамской впадины формировались в периодически пересыхающем лагунно-морском бассейне в течение тринадцати эвапоритовых циклов. В конце раннесоликамского времени активизировавшийся Красноуфимский глубинный разлом вызвал структурное перераспределение солей в подстилающей кунгурской толще, что привело к миграции депоцентра бассейна в широтном направлении.

2. Накопление осадков верхнесоликамской подсвиты Соликамской впадины происходило в течение семи трансгрессивно-регрессивных циклов в морском бассейне, в который с востока впадали речные дельты. Локализация солей и гипсов пятого цикла вдоль Камского прогиба отражает продолжающееся развитие Красноуфимского разлома и начало заложения Камско-Вишерского вала, который изолировал лагуну от морского бассейна на Восточно-Европейской платформе.

3. Отложения шешминской свиты в целом по Соликамской впадине накапливались в континентальной обстановке ациклично, но в пределах дискретно развивающихся конседиментационных структур Дуринского, Боровицкого и Камского прогибов, осадконакопление шло циклично. Развитие горстовой структуры Камско-Вишерского вала и формирование локальных положительных структур в кровле кунгурской толщи активизировали подземное выщелачивание солей, а высокая минерализация грунтовых вод привела к усложнению минерального состава медистых песчаников.

Апробация работы.

Научные положения и основные результаты исследований докладывались и обсуждались на ежегодных научных сессиях Горного института УрО РАН (Пермь, 2015-2018), Научных чтениях памяти П.Н. Чирвинского «Проблемы минералогии, петрографии и металлогении» (Пермь, 2015-2018); Тектонических совещаниях (Москва, 2015-2018); Стратиграфическом совещании (Санкт-Петербург, 2016); на совещании памяти Н.А. Головкинского (Казань,

2017); Всероссийской конференции «Геология Западного Урала» (Пермь, 2017, 2018) и 12-ом Литологическом совещании (Екатеринбург, 2018).

Результаты работ вошли в ряд бюджетных программ и проектов. Программа ФНИ УрО РАН 2015-2017 г. «Минерагения Главного Пермского поля» ГР № ААА-А17-117120620164-1; проект УрО РАН 2015-2017 г. № 15-18-5-16 «Экстремальные (галогеенные и криогенные) процессы в геологической истории Урала: минеральные и геохимические индикаторы»; проект РФФИ 2018-2020 г. № 18-05-00046 «Геохимия и минералогия процессов формирования и изменения эвапоритов Соликамской впадины (Пермское Приуралье)»).

Публикации. Основные положения диссертационной работы изложены в 13 научных работах, из них 3 – в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ для защиты диссертаций.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав и заключения; изложена на 151 странице, включает 81 рисунок и список использованной литературы из 182 наименований, в том числе 23 фондовых источника.

Благодарности. Автор признателен своему научному руководителю И.И. Чайковскому и коллегам по работе за помощь в написании данной работы, а также А.Б. Трапезниковой, за помощь в оформлении рукописи и моральную поддержку.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ИЗУЧЕННОСТЬ СОЛИКАМСКОЙ ВПАДИНЫ

В главе приводится очерк истории изучения геологического строения, стратиграфии, тектонического районирования Соликамской впадины, а также обзор палеотектонических и палеоклиматических условий в регионе в раннепермское время. Значительный вклад в изучение уфимских отложений внесли геологоразведочные работы, выполнявшиеся в разные годы П.И. Преображенским, А.А. Ивановым, Ю.А. Третьяковым, Б.И. Сапегиним, А.И. Белоликовым, В.В. Захваткиным, В.Н. Яниным, Б.М. Голубевым, В.И. Копниным, А.И. Кудряшовым и др.

В международной стратиграфической шкале уфимский ярус не выделяется, а соответствующие ему по возрасту отложения относятся к кунгурскому ярусу. В связи с этим, многими исследователями ставится вопрос об исключении уфимского яруса из общей стратиграфической шкалы России (ОСШ). Более того, на стратиграфической шкале, принятой по итогам стратиграфического совещания, уфимский ярус отсутствует. Тем не менее, официального постановления межведомственного стратиграфического комитета (МСК), исключающего уфимский ярус из ОСШ, нет. В связи с этим, руководствуясь действующими постановлениями МСК, изучаемые в рамках этой работы отложения, относим к уфимскому ярусу нижней перми. Также мы принимаем схему расчленения уфимского яруса Соликамской впадины, предложенную

А.А. Ивановым, в соответствии с которой в уфимском ярусе выделяют соликамский и шешминский горизонт. В соликамском горизонте выделяют нижнесоликамскую и верхнесоликамскую подсвиты.

2. МЕТОДИКА РАБОТ

В главе описана методика работы, в соответствии с которой диссертационная работа выполнялась в два этапа. Первый этап включал в себя сбор и обработку первичной литологической, палеонтологической, минералогической и архивной геологической информации, на основе которой была создана общая база данных. На втором этапе проводился историко-геологический анализ данных посредством стратиграфического, палеотектонического и палеогеографического методов.

3. НИЖНЕСОЛИКАМСКАЯ ПОДСВИТА. ЛИТОЛОГИЯ, СТРАТИФИКАЦИЯ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ

Третья глава посвящена первому защищаемому положению, рассмотренному в ряде работ (Трапезников, 2015, 2016, 2018; Калинина, Трапезников, 2016).

Нижнесоликамская подсвита в изучаемом районе, представлена соляно-мергельной толщей (СМТ), которая сложена преимущественно глинисто-карбонатными породами, состав которых варьируется в широком диапазоне, и каменной солью. В подчиненном количестве присутствуют гипс-ангидритовые и алевропесчаные породы. Кроме того, отмечены разнообразные по составу вторичные породы, связываемые с гипергенными процессами.

Анализ структурно-текстурных особенностей позволяет выделить среди пород подсвиты ряд фациальных обстановок от морских до континентальных. Монотонное строение глинисто-карбонатных пород, лишённых каких-либо признаков волнений, биотурбаций или органики, указывает на обстановки внутриконтинентального бассейна сопоставимые с глубокой частью шельфа (100-200 м). Наличие тонкой слоистости и подводно-оползневых тектур, а также следы дегазации в осадке, характеризующиеся меандрирующими восходящими каналами, секущими слойки, позволило отнести такие породы к мелководно-морским фациям.

В верхней части толщи установлены слои с морскими двустворками *Netschajewia tschernyschewi* (Lich.) и *Permophorus* sp, кроме этого в ней известны остракоды, пыльца и споры растений. Морские двустворки *Schizodus rossicus* Vern. и *Sch. cf. rossicus* Vern. обнаружены на западной окраине Соликамской впадины, *Netschajewia tschernyschewi* Lich. и *Permophorus* sp. Также встречаются породы, содержащие обломки раковин и внутриформационными брекчиями. Все это позволяет выделить здесь фации мелкого моря, переходящие в прибрежно-морские фации.

Трещины усыхания, псевдоморфозы и отпечатки скелетных кристаллов галита в мергелях указывают на литоральные и субконтинентальные обстановки с повышенной соленостью.

Каменная соль, переслаивающаяся с глинистыми прослоями, сложена перистыми кристаллами галита, перекрытыми зернистой разностью, относится к мелководным эвапоритовым лагунным фациям. Гипс-ангидритовые породы представлены двумя основными литотипами, первые пластовые, которые накапливались в соленых озерах, а вторые желваковые, формировавшиеся в условиях себх и мадфлетов.

Разрез нижнесоликамской подсвиты достаточно неоднородный по вещественному строению. В наиболее крупных отрицательных структурах кровли соляной залежи установлено 13 слоев каменной соли или гипса. При переходе к апикальной части поднятий разрез постепенно теряет слои каменной соли, но при этом сульфаты частично или полностью сохраняются. Благодаря наличию зон брекчий в местах отсутствия слоев каменных солей, можно утверждать о подземном выщелачивании последних. Карбонатно-глинистые породы изменены мало, отмечаются лишь локальные зоны декарбонатизации, трещиноватости и интенсивного развития гипсовых жил.

Над вершинами поднятий разрез толщи представляет собой глинистую шляпу, в которой слои эвапоритов полностью отсутствуют. Карбонаты и мергели интенсивно декарбонатизированы и дезинтегрированы до щебнистого и глинистого материала.

Таким образом, можно утверждать, что в пределах Соликамской впадины нижнесоликамская подсвита в своем полном и неизменном разрезе имеет 13 реперных прослоев каменной соли или гипсов. Отсутствие солей в разрезе указывает на подземное выщелачивание и постепенный вынос сначала легкорастворимых каменных солей, а затем сульфатов и карбонатов. Это позволяет выделить несколько типов разреза и предложить новую схему стратиграфического расчленения толщи (рис. 1).

Анализ геологических разрезов и структурных карт позволил установить сброс в подсолевых отложениях амплитудой до 100 м, который локализован в пределах зоны субмеридионального Красноуфимского глубинного разлома, который, вероятно, активизировался в раннесоликамское время. Это привело к перераспределению соляной массы и росту антиклинальной структуры на западе и синклинальной – на востоке.

Характер распространения соляных и гипсовых слоев, зональное распределение мощностей, а также их корреляция в разрезе Соликамской впадины указывают на существование единого бассейна седиментации в этот период. Как показал фациальный анализ, глинисто-карбонатные отложения накапливались как в глубоководных, так и мелководно-морских условиях, вплоть до прибрежно-морских и литоральных, а соляные – в условиях солеродных лагун, озер, себх и мадфлетов.

Для нижней части толщи характерно преобладание соляных пород, а для глинисто-карбонатных отложений характерны мелководные условия с повышенной соленостью. Верхняя часть сложена преимущественно карбонатными породами, от мелководных, с гипсовыми отложениями себх и мадфлетов, до относительно глубоководных нормально-морских отложений, содержащих

остатки фауны. Такая постепенная вертикальная смена эвапоритовых отложений морскими, обусловлена общей трансгрессией пермского моря в этом регионе, достигшей пика к концу раннесоликамского времени.

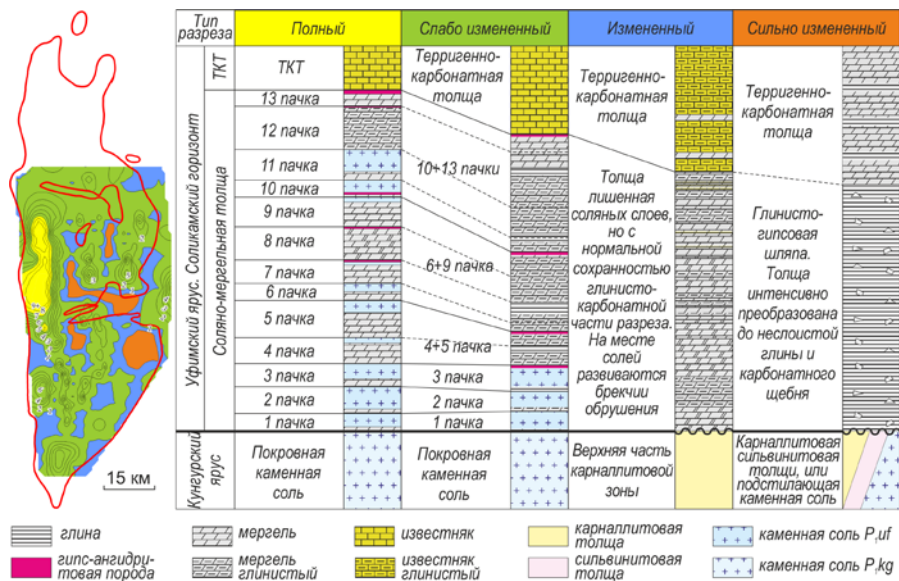


Рис. 1. Схема типизации и стратификации разрезов соляно-мергельной толщи

Построение карты изопахит 13 соляных слоев позволяет проследить миграцию депоцентра Соликамского бассейна. На завершающем этапе формирования толщи, соленакопление концентрируется у западной границы Соликамской впадины, что, вероятно, связано с активизацией Красноуфимского глубинного разлома, заложением линейно вытянутой синклинальной структуры Камского прогиба и оттока кунгурских солей на запад и восток. На это указывает и удвоенная мощность СМТ в пределах Камского прогиба, что объясняется компенсированным осадконакоплением.

В раннесоликамское время в пределах Урала также отмечается некоторая смена обстановок. С одной стороны этот регион остается единственным поставщиком глинистого материала, накапливающегося в Соликамском бассейне. С другой стороны, значительное распреснение бассейна, фиксирующееся по неморским моллюскам, а также наличие незначительной примеси песчаного уральского материала, говорит об увеличении речного сноса, приближении дистальных дельтовых фаций к границе впадины и распреснению морских вод (рис. 2).

Таким образом, уфимский эпиконтинентальный бассейн Соликамской впадины в раннесоликамское время представлял собой периодически пере-

сыхающий мелководный бассейн. Периодическая связь бассейна с нормально соленым морем, а также благоприятный климат создали условия для накопления сульфатных и хлоридных солей. Благодаря активизации соляной тектоники, на некоторых участках наблюдалось интенсивное погружение дна бассейна, что привело к консолидационному осадконакоплению солей в изолированной лагуне в пределах Камского прогиба.

Таким образом, в ходе данного исследования, в соляно-мергельной толще было выявлено наличие 13 реперных прослоев каменной соли или гипсов. Это позволило уточнить строение и составить новую схему стратиграфического расчленения СМТ. Полный разрез состоит из четырех крупных циклов, характеризующих крупные периоды (мезоциклы) седиментации в структуре бассейна. Каждая циклотема подразделена на циклиты, выделенные по реперным слоям. Циклиты сложены парами слоев – мергелем и каменной солью или гипсом, что отвечает эвапоритовому циклу. На периферии Соликамской впадины зафиксирована фациальная смена соляных слоев гипсовыми.

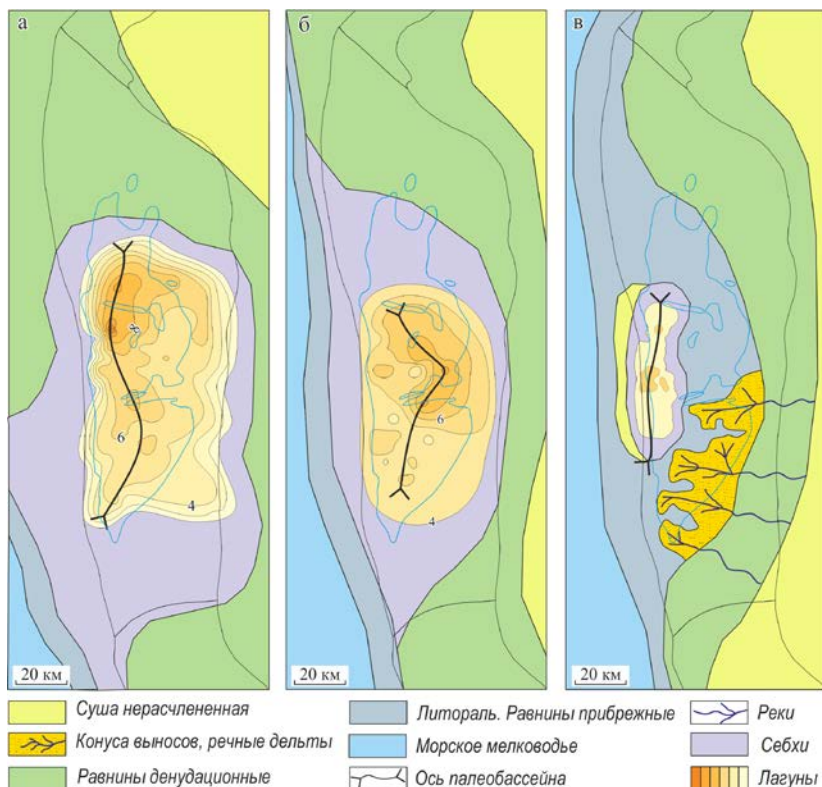


Рис. 2. Палеогеография раннесоликамского времени на момент окончания первого (а), пятого (б) и тринадцатого (в) циклов

В Соликамской впадине в период формирования соляно-мергельной толщи, существовал единый бассейн седиментации, на что указывают общий характер распространения эвапоритовых слоев и зональное распределение их мощностей.

Установлено, что тектонические процессы различных порядков определяли динамику развития солеродного бассейна. Так, постепенная вертикальная смена эвапоритовых отложений морскими, обусловлена общей трансгрессией в этом регионе. Миграция депоцентра соликамского бассейна связывается с активизацией Красноуфимского глубинного разлома у западной границы Соликамской впадины. Это привело к внутриформационному движению кунгурских солей и заложению линейно вытянутой синклинальной структуры Камского прогиба. Развитие разлома вызвало погружение западного крыла Соликамской впадины, в результате чего начал формироваться Камский прогиб, заполнявшийся осадками. Именно поэтому мощность соляно-мергельной пачки в пределах прогиба вдвое больше, чем в других частях впадины.

Уфимский эпиконтинентальный бассейн Соликамской впадины характеризовался плоским рельефом дна и относительной мелководностью, на что указывает выдержанность фаций. Периодическая связь бассейна с нормально-соленым морем, а также благоприятный климат создали условия для накопления сульфатных и хлоридных солей. Благодаря активизации соляной тектоники, на некоторых участках происходило интенсивное погружение дна бассейна, что приводило к компенсированному осадконакоплению.

4. ВЕРХНЕСОЛИКАМСКАЯ ПОДСВИТА. ЛИТОЛОГИЯ, СТРАТИФИКАЦИЯ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ

Четвертая глава посвящена второму защищаемому положению, рассмотренному в ряде работ (Трапезников, 2015, 2017, 2018; Трапезников, Фадеева, 2017).

Верхнесоликамская подсвита в изучаемом районе, представлена терригенно-карбонатной толщей (ТКТ), которая на севере сложена в основном карбонатами, а на юге, как карбонатами, так и алевропесчаными породами, причем доля терригенных пород в юго-восточном направлении увеличивается. Это позволяет выделить в подсвите несколько типов разреза.

Карбонатный тип разреза состоит только из карбонатных и глинисто-карбонатных пород. Зона распространения охватывает северную, северо-западную и западную части изучаемой территории. В этом разрезе содержится довольно разнообразный комплекс органических остатков, включающий неморские двустворки, остракоды, фораминиферы, брахиоподы, чешую рыб, единичные отпечатки насекомых. Преобладают двустворки и остракоды, образующие массовые скопления.

Эвапоритово-карбонатный тип разреза встречен в северной части Камского прогиба, где могут быть встречены либо один слой, сложенный гипсом или ангидритом, либо два эвапоритовых слоя.

Эвапоритово-терригенно-карбонатный тип разреза выделен нами в рамках разреза, содержащего эвапоритовые, терригенные и карбонатные породы. Особенно важно отметить положение одного из песчаных слоев непосредственно на гипсовом слое. Это позволяет сопоставить восточные разрезы с западными, а также указывает на мелководность бассейна.

Терригенно-карбонатный тип разреза представлен переслаиванием карбонатных и песчаных пород. Изучение закономерностей распределения маркирующих слоев и литологического строения терригенно-карбонатной толщи позволяют предполагать в разрезе верхнесоликамской подситвы сочетание разнообразных мелководно-морских, прибрежно-морских, субконтинентальных дельтовых, а также лагунных отложений. На это указывает наличие карбонатных отложений как с нормально-морскими, так и не морскими фоссилиями, а также развитие трещин усыхания.

В пределах этой площади лучше всего прослеживаются терригенные пласты, благодаря чему разрез можно разделить на пачки. Нами выделено 7 пачек, из которых первые 4 прослеживаются хорошо, а верхние пачки зачастую трудно выделить, из-за их частичного или полного размыва, либо из-за схожести с вышележащей пестроцветной толщей. Благодаря тому, что 4-ый реперный слой песчаника залегает непосредственно на реперном гипсовом слое, отложения, залегающие ниже кровли гипсового слоя, можно выделить в нижнюю подтолщу, а вышележащие – в верхнюю.

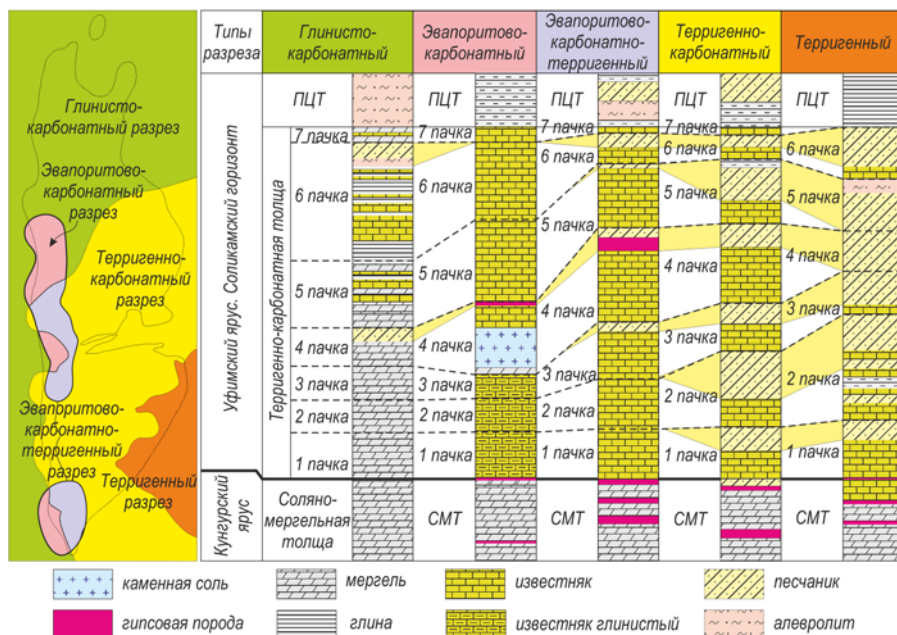


Рис. 3. Схема корреляции различных типов разреза верхнесоликамской подситвы

Терригенный тип разреза развит в юго-восточной части Соликамской впадины, где доля песчаников составляет больше 50 % от мощности. Проследить какие-либо пачки часто невозможно, так как полностью отсутствуют карбонатные слои. Это связано с близостью источника сноса и более частыми интервенциями песчаного материала в бассейн.

На основе анализа типов разрезов верхнесоликамской подсвиты нами предлагается модифицированная схема стратификации толщи (рис. 3), которая разделена на 7 пачек и две подтолщи.

На юго-востоке впадины морские карбонаты переслаиваются с полимиктовыми песчаниками. Количество обломочного материала в разрезе снизу вверх постепенно возрастает, вытесняя аутигенное карбонатное осадконакопление. Обломочный материал выносился с Урала речными потоками и осаждался в дельтовых конусах. В плане площадь конусов также постепенно увеличивается и наступает все дальше на запад.

Нижняя подтолща, включающая в себя первые четыре пачки, характеризуется постоянно увеличивающейся площадью распространения подводной дельтовой фации. В пределах Камского прогиба толща венчается лагунными эвапоритовыми отложениями, что указывает на крупную регрессию в регионе. Это подтверждается максимальной площадью дельтовых отложений.

Верхняя подтолща на большей части бассейна характеризуется наибольшей площадью распространения отложений дельтовой фации, но их меньшей мощностью. В то же время у восточной окраины терригенные осадки составляют большую часть разреза и накапливались, вероятно, в субэральных условиях. Смещение дельтовых осадков в западном направлении, появление в карбонатных отложениях остатков неморских организмов и углефицированных обломков наземной растительности указывает на максимальное обмеление бассейна и его опреснение речными водами.

Палеогеография верхнесоликамского времени на раннем этапе в пределах платформенной области и Соликамской впадины характеризовалась нормально-морскими условиями, на что указывают карбонатные осадки с морской фауной.

Локализация гипс-галитовых пород в пределах Камского прогиба среди нормально морских карбонатных осадков указывает на активный рост Камско-Вишерского вала, который мог выступать в качестве барьера, отделившего мелководное платформенное море от лагуны. Вероятно, часть соли в лагуну могла поступать с растворами выщелачивания с кровли вала (рис. 4).

Таким образом, изучение закономерностей распределения маркирующих слоев и литологического строения терригенно-карбонатной толщи позволяет предполагать в разрезе верхнесоликамской подсвиты сочетание разнообразных мелководно-морских, прибрежно-морских, дельтовых, а также лагунных отложений. На это указывает наличие в разрезе ТКТ карбонатных отложений с морскими и неморскими фоссилиями, косослоистых песчаников с растительным детритом, а также развитие в некоторых слоях трещин усыхания.

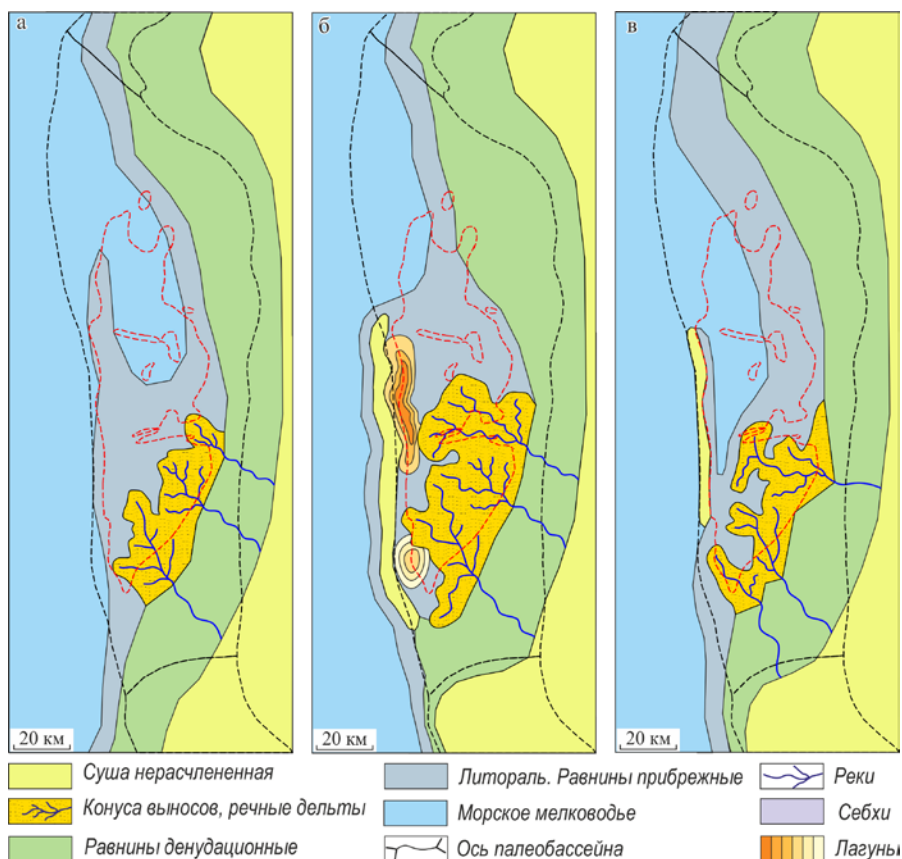


Рис. 4. Палеогеография позднесоликамского времени на момент окончания первого (а), четвертого (б) и седьмого (в) циклов

Картирование крупных клинообразных песчаных тел позволило выявить наличие нескольких этапов поступления обломочного материала на фоне аутигенного осаднения карбонатов. Доля песчаных слоев в разрезе и распределение их мощности по площади говорят о юго-восточном источнике сноса, что также подтверждает минералого-петрографический состав пород. Осаждение песчаного материала шло в широких дельтовых конусах, имеющих несколько ветвящихся рукавов. Также хорошо прослеживается эволюция дельтового фронта, который становится все шире и смещается на запад.

Анализ разреза верхнесоликамской подсвиты позволяет говорить о развитии нескольких тектонических структур в пределах впадины, которые начали формироваться еще в раннесоликамское время.

Активизация Красноуфимского глубинного разлома на западе впадины спровоцировала структурную перестройку внутри кунгурской соляной толщи, что привело к дальнейшему развитию Камского прогиба и его росту на юг. В позднесоликамское время в активную стадию развития вступил Камско-Вишерский вал, который изолировал мелководное внутриплатформенное море от Соликамской впадины. Формирование вала, в свою очередь, привело к накоплению лагунных гипс-галитовых пород в Камском прогибе.

5. ШЕШМИНСКИЙ ГОРИЗОНТ. ЛИТОЛОГИЯ, СТРАТИФИКАЦИЯ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ

Пятая глава посвящена третьему защищаемому положению, рассмотренному в ряде работ (Трапезников, 2018; Трапезников, Чайковский, 2015).

Шешминская толща в изучаемом районе представлена пестроцветной толщей (ПЦТ), которая характеризуется фациальным многообразием терригенных отложений и значительными вариациями мощности, что позволило выделить равнинный и впадинный типы разрезов.

Равнинный тип разреза представлен пестроцветными терригенными породами. Чаще это песчаники с косой слоистостью, красноцветные слоистые алевроаргиллиты и линзы конгломератов с галькой местных и уральских пород. Реже встречаются карбонатные породы, угли и палеопочвы. Отложения этого типа не удастся стратифицировать. В этом разрезе отложения шешминского горизонта содержат комплекс неморских двустворок *Palaeomutela stegoccephalum* Netsch., *P. attenuata* Gus., *P. markini* Bet. и *Prilukiella* sp., которые присутствуют и в соликамском горизонте, а вид *P. attenuata* Gus. проходит в отложения казанского яруса. Признаки, отличающие шешминский комплекс пелеципод от соликамского, заключаются в резком обеднении систематического состава (исчезают представители родов *Redikorella*, *Sinomya* и *Concinella*), и в то же время – в появлении первых представителей рода *Prilukiella*, также имеются находки рептилий *Brithopas priscus* Kut., *Denterosaurus*. Из растительных остатков в шешминских отложениях известны формы: *Sphenopteris bifida* Schmal., *Callipteris erosa* Zal, *Gomia biarmica* Vlad. Всё это указывает на формирование отложений этого типа разреза в условиях аккумулятивной равнины, занимающей большую часть территории Соликамской впадины в этот период.

Впадинный тип разреза по составу идентичен равнинному типу, но характеризуется аномально высокой мощностью, так как развит в пределах трех отрицательных структур, таких как Боровицкий, Дуринский и Камский прогибы, в каждой из которых строение разреза заметно отличается.

Дуринский подтип разреза имеет максимальную мощность 671,7 м. Кроме терригенных пород отмечаются 8 известняковых прослоев, что позволяет разделить разрез на пачки. Каждая пачка представляет собой цикл накопления и отражает пульсационное развитие прогиба. В момент интенсивного погружения в бассейне формируются мощные толщи терригенных пород, а при затухании процесса в бассейне накапливались карбонаты.

Камский подтип не имеет карбонатных прослоев, что может указывать на его равнинное развитие на начальном этапе накопления шешминских отложений. Разрезы скважин Камского прогиба удастся связать с Дуринскими, так как эти структуры сочленяются, и соответственно осадками заполнялись относительно синхронно.

Боровицкий подтип имеет мощность до 250 м. В разрезе присутствуют несколько карбонатных прослоев, по которым толщу можно разделить на пачки. Полученные мощности пачек значительно отличаются от таковых в других структурах, что говорит о том, что Боровицкий прогиб был изолирован от Камского прогиба, и осадконакопление здесь шло независимо.

Геофизическими методами в районе Дуринского и Боровицкого прогибов ранее были установлены глубинные разломы сдвиговой природы. Под Камским прогибом нами выявлен высокоамплитудный (50-150 м) сброс.

К западу от Камского прогиба выделяется Камско-Вишерский вал. Анализ геологических разрезов с учетом последних данных бурения показал, что вал представляет собой горстовую структуру, ограниченную с запада и востока листрическими сбросами, простирающимися меридионально. Борта сложены шешминскими отложениями, а центральная часть эродирована до нижнесоликамских. Также в апикальной части горста, как в наиболее проницаемой зоне, интенсивно растворяются кунгурские соли, за счет чего формируется остаточная глинисто-гипсовая шляпа.

Боровицкий прогиб с юга ограничен одиночным листрическим разломом, за счет чего надсолевые отложения смыкаются с подсолевыми. Южнее разлома располагается субширотный соляной вал. К северу соляная толща постепенно увеличивает свою мощность, за счет чего надсолевые отложения постепенно воздымаются.

Дуринский прогиб, исходя из полученных данных, состоит из нескольких листрических кулисообразных сбросо-сдвигов, обрамляющих с юга надсолевой полуграбен. Центральной блок, повернутый по часовой стрелке, ограничен двумя разломами и залегает непосредственно на солях.

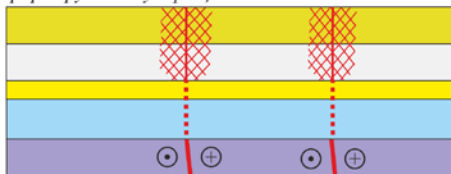
Таким образом, формирование структур с аномальным разрезом шешминской свиты происходило в результате активизации глубинных разломов. Схема процесса формирования структур приведена на рис. 5.

Палеогеография шешминского времени, в пределах платформенной области и Соликамской впадины представляла собой аккумулятивную низменную равнину, на которой периодически формировались озерные, речные и болотные отложения. Морские отложения в районе этой зоны не были отмечены, а мелководное внутриконтинентальное море, как считается, располагалось западнее современного положения г. Глазова.

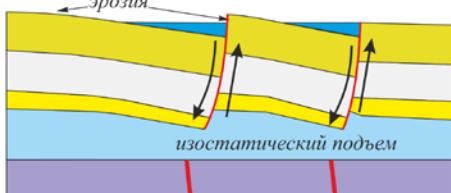
В этих условиях наряду с переотложенным местным материалом накапливались петрокластические граувакки, состоящие из обломков основных эффузивных пород Урала. О разрушении существенно базитовых комплексов свидетельствует и локализованная в шешминских отложениях медная минерализация (самородная медь, куприт, малахит, хризоколла).

Дуринский прогиб

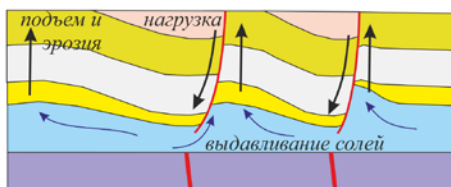
1 этап. Конец позднеосоликамского времени. Сдвиг-сброс подсолевых отложений формирует зону трещиноватости в надсолевых.



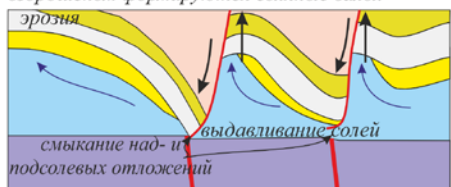
2 этап. Начало шешиминского времени. Растяжение надсолевых отложений формирует литрические сбросы и переток солей.



3 этап. Шешиминское время. Над опущенными крыльями накапливаются осадки, что увеличивает нагрузку и вызывает переток солей.



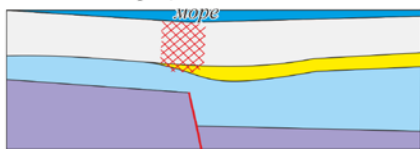
4 этап. Шешиминское время. Сброшенное крыло смыкается с подсолевыми отложениями, а в взброшенном формируются соляные валы.



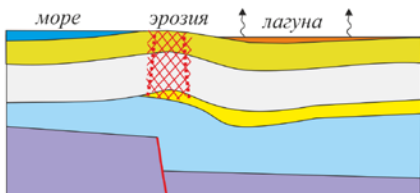
- пестроцветная толща
- терригенно-карбонатная толща
- соляно-мергельная толща
- глинисто-гипсовые шляпы

Камско-Вишерский вал и Камский прогиб

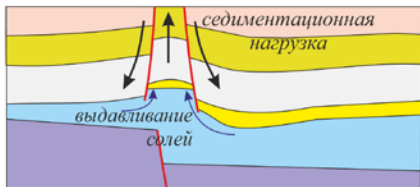
1 этап. Конец раннесоликамского времени. Сброс в подсолевых отложениях вызывает переток солей и формирует зону повышенной трещиноватости в надсолевых.



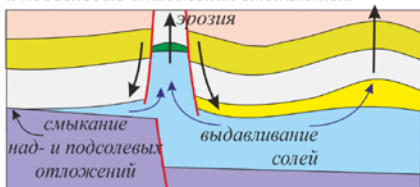
2 этап. Позднеосоликамское время. По зоне трещиноватости образуется вал, отсекающий впадину от моря на платформе.



3 этап. Шешиминское время. Вал трансформируется в горстовую структуру, центральная часть которой размывается.



4 этап. Шешиминское время. Центральная часть горста размывается. На западе над-, и подсолевые отложения смыкаются.



- покровная каменная соль, карналлитовая и сильвинитовая толщи
- подстилающая каменная соль
- глинисто-ангидритовая толща
- разломы и зоны трещиноватости

Рис. 5. Модель формирования Дуринского прогиба (слева), Камско-Вишерского вала и Камского прогиба (справа)

На раннем этапе, в ходе тектонической активизации образовались тектонические нарушения, приведшие к скольжению соляной массы в юго-западном направлении по склону соляного ложа. Это привело к незначительному растяжению надсолевых отложений, раскрытию проницаемых зон и выщелачиванию соляного массива. За счет этого сформировались четыре кулисообразных сброса, интенсифицировались процессы подземного выщелачивания, которые привели к засолению грунтовых вод и появлению в медистых песчаниках новообразованных хлоридов меди (атакамит, хлорсодержащий брошантит).

В течение первого цикла прогибы сначала развиваются синхронно, а затем Камский прогиб, вероятно, прекращает свое развитие. В то время как Дуринский прогиб находится только на начальной стадии развития, так как здесь накапливаются в общей сложности 9 циклов высокой мощности. Каждый из терригенных циклов венчается мощным слоем известняков. Это указывает на периодическое затухание тектонических процессов, что позволяет накапливаться мощной толще карбонатных осадков. Боровицкий суббассейн развивался относительно изолированно, так как он отсечен широтным разломом от Камского прогиба с юга (рис. 6).

Таким образом, палеогеографическая обстановка в шешминское время в пределах Соликамской впадины характеризуется континентальными условиями. Пестроцветные отложения накапливались преимущественно в условиях аккумулятивных равнин (озер, дельт и русел рек). При этом формирование красноцветных терригенных осадков происходило в бассейнах с окислительными условиями, а сероцветных – в восстановительной среде. Накопление карбонатных отложений происходило только в изолированных бассейнах, куда морские воды поступали в периоды крупных трансгрессий.

В шешминское время активизировались глубинные разломы, что привело к формированию таких тектонических структур, как Камско-Вишерский вал, Камский, Дуринский и Боровицкий прогибы. Все прогибы по своей природе являются консолидационными сбросами и представляют собой структуры, сформировавшиеся в ходе активизации соляной тектоники. На начальной стадии ведущим триггером их образования была активизация глубинных разломов в фундаменте, что приводило к нарушению целостности соляной и надсолевой толщ. Это провоцировало соскальзывание надсолевых толщ по поверхностям листрических сбросов и перераспределение соляной массы. Выжимание солей шло как в сторону лежащего, так и висячего крыльев сбросов. При этом в лежащем крыле формировались изометричные соляные антиклинали, а в висячем крыле вдоль разлома формировались вытянутые валы.

Активизация процессов подземного выщелачивания солей в свою очередь привела к формированию специфической высокоминерализованной гидрологической среды. На это указывает наличие в медистых песчаниках поздней минерализации, представленной хлоридами, в том числе содержащих бром.

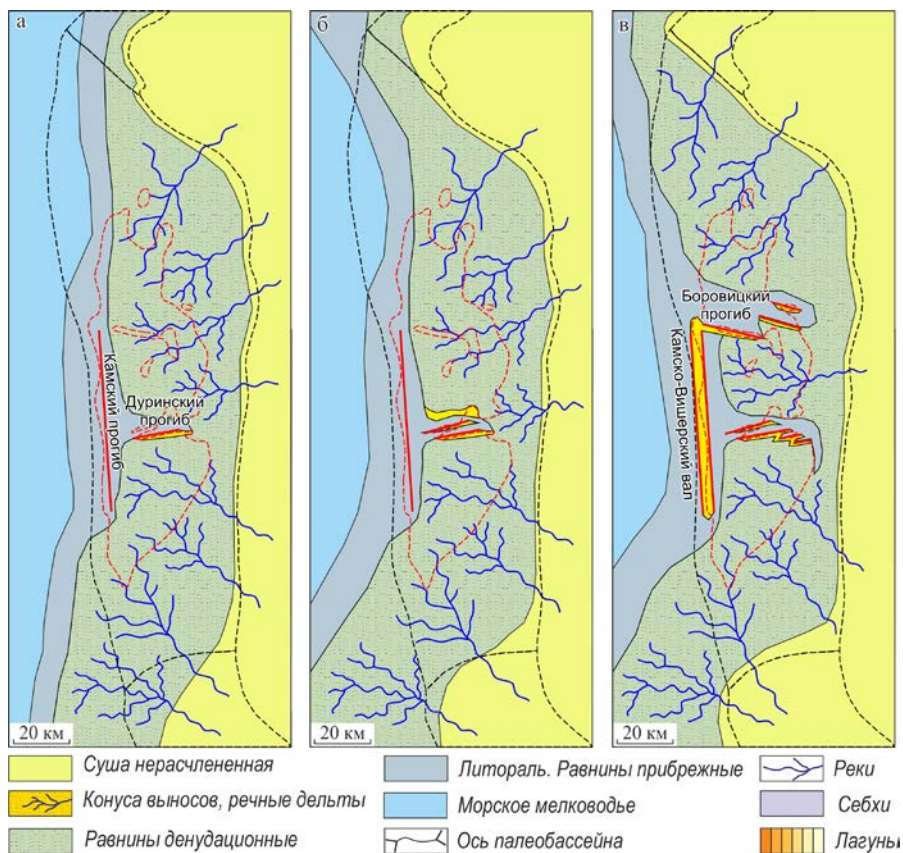


Рис.6. Палеогеографическая обстановка шешминского времени на момент окончания первого (а), пятого (б) и восьмого (в) циклов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование уфимских отложений позволило реконструировать процесс развития территории Соликамской впадины и показать его связь с двумя крупными геодинамическими этапами.

В первый раннесоликамский трансгрессивный мегацикл сформировалась соляно-мергельная толща. Постепенная смена обстановок седиментации с эвапоритовых на морские происходила в ходе 13 трансгрессивно-регрессивных циклов. Активизация глубинного Красноуфимского разлома формирует сброс в подсолевых отложениях, что в свою очередь вызывает переток соляных масс, изменение конфигурации бассейна седиментации и впоследствии приводит к заложению структуры Камского прогиба.

Во второй позднесоликамско-шешминский регрессивный мегацикл сформировались терригенно-карбонатная и пестроцветная толщи. В ходе второго этапа морские обстановки седиментации постепенно сменились континентальными. При этом терригенно-карбонатная толща состоит из 7 мелких трансгрессивно-регрессивных циклов. В позднесоликамское время сброс в подсолевых отложениях вдоль западной границы Соликамской впадины продолжил свое развитие. Это привело к формированию не только Камского прогиба, но и спровоцировало начало формирования горстовой структуры Камско-Вишерского вала, который на короткое время изолировал Камский прогиб от морского бассейна. В связи с этим, в прогибе формируются лагунные эвапоритовые отложения.

В шешминское время общая тектоническая активизация региона привела к накоплению терригенных осадков в континентальных условиях. Активизация глубинных разломов в фундаменте приводит к формированию системы субширотных конседиментационных сбросов, в пределах которых накапливались аномально мощные толщи пестроцветных отложений.

Перераспределение вещества внутри соляной залежи и появление прогибаемых разломных зон спровоцировало активное выщелачивание солей как в кровле кунгурской залежи, так и внутри соляно-мергельной толщи. Выщелачивание солей в последней привело к полной потере элементов стратификации.

Несмотря на общее мнение о спокойном развитии района Соликамской впадины в уфимское время и отсутствие соляной тектоники как таковой, реконструируемые нами деформации сопоставимы с процессами, проходящими в крупнейших соляных структурах мира.

Опубликованные работы по теме диссертации

а) издания, рекомендованные ВАК РФ:

1. Трапезников Д.Е. Галогенные отложения уфимского яруса в пределах Соликамской впадины / Д.Е. Трапезников // Литосфера. — Екатеринбург, 2018. — №18 (2). — С. 223-234. DOI: 10.24930/1681-9004-2018-18-2-223-234
2. Трапезников Д.Е. Условия формирования песчаников соликамского горизонта в пределах Соликамской впадины / Д.Е. Трапезников // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. — Сыктывкар, 2018. — №4 — С. 3-9
3. Трапезников Д.Е. Сравнительная характеристика песчаных пород уфимского яруса в Соликамской впадине / Д.Е. Трапезников // Вестник Пермского университета. Геология. — Пермь, 2018. — Т. 17, №2. — С. 97-104

б) другие издания:

4. Трапезников Д.Е. Литология песчаников терригенно-карбонатной толщи Верхнекамского месторождения солей / Д.Е. Трапезников // Стратегия и процессы освоения георесурсов: сб. науч. тр. / Ги УрО РАН. — Пермь, 2017. — Вып. 15 — С. 11-14.
5. Трапезников Д.Е. О границе между кунгурским и уфимским ярусами нижней перми в пределах Верхнекамского месторождения солей // Общая стратиграфическая шкала и методические проблемы разработки региональных стратиграфических шкал

России: материалы Межведомств. рабочего совещ. / ВСЕГЕИ. — СПб., 2016. — С. 177-179.

6. Трапезников Д.Е. О находках *Paleomutela subcastor* Amalitzky, 1892 на юго-западе Соликамской впадин / Д.Е. Трапезников, Т.В. Фадеева // Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting – 2017: сб. тез. / Казанский фед. Ун-т. — Казань, 2017. — С. 202-203.

7. Трапезников Д.Е. О природе псевдодиапировых структур западного борта Соликамской впадины / Д.Е. Трапезников, И.И. Чайковский // Тектоника и геодинамика континентальной и океанической литосферы: общие и региональные аспекты: материалы XLVII Тектонич. совещ. — М., 2015. — Т. 2. — С. 249-252.

8. Трапезников Д.Е. О строении и природе Дуринского прогиба на Верхнекамском месторождении солей / Д.Е. Трапезников, И.И. Чайковский // Тектоника, геодинамика и рудогенез складчатых поясов и платформ: материалы XLVIII Тектонич. совещ. — М., 2016. — Т. 2. — С. 271-275.

9. Трапезников Д.Е. Особенности осадконакопления в соликамское время в пределах Верхнекамского месторождения / Д.Е. Трапезников // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: науч. чтения памяти П.Н. Чирвинского / ПГНИУ [и др.]. — Пермь, 2015. — Вып. 18. — С. 223-229.

10. Трапезников Д.Е. Соляная тектоника пассивных континентальных окраин / Д.Е. Трапезников // Тектоника современных и древних океанов и их окраин: материалы XLIX Тектонического совещания, посвященного 100-летию академика Ю.М. Пущаровского. — М., 2017. — Т. 2. — С. 254-258.

11. Трапезников Д.Е. Характер распределения алевропсаммитового материала в терригенно-карбонатной толще в границах Верхнекамского месторождения / Д.Е. Трапезников // Стратегия и процессы освоения георесурсов: сб. науч. тр. / ГИ УрО РАН. — Пермь, 2015. — Вып. 13 — С. 10-11.

12. Трапезников Д.Е. Литология шешминских отложений Соликамской впадины / Д.Е. Трапезников // Осадочная геология Урала и прилежащих регионов: сегодня и завтра. Материалы 12 Уральского литологического совещания / ИГГ УрО РАН. — Екатеринбург, 2018. — С. 350-352

13. Калинина Т.А., Трапезников Д.Е. О механизме образования брекчиевых пород в кровле соляной залежи Верхнекамского месторождения солей // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: сб. науч. ст. Вып. 19 / ПГНИУ. — Пермь, 2016. С. 372-378.

Сдано в печать _____.
Формат 60х84х/16. Тираж 100 экз.

Отпечатано сектором НТИ
ГИ УрО РАН
614000, г. Пермь, ул. Сибирская, 78а