

*На правах рукописи*



**РЯЗАНОВ Кирилл Павлович**

**МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПАЙХОЙСКОГО ПАЛЕОБАССЕЙНА  
В РАННЕМ И СРЕДНЕМ ПАЛЕОЗОЕ**

**Специальность 25.00.06 – Литология**

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

**Санкт-Петербург  
2021**

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» (ФГБОУ «СПГУ»).

- Научный руководитель:** кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры исторической и динамической геологии **Щеколдин Роман Анатольевич**
- Официальные оппоненты:** доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой осадочной геологии **Шишлов Сергей Борисович** (СПГУ)  
доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, **Тучкова Марианна Ивановна** (ФГБУ ГИН РАН, Москва)
- Ведущая организация:** Акционерное общество «Геологоразведка», Санкт-Петербург

Защита состоится 26 мая 2021 г. в 14.30 часов на заседании диссертационного совета Д 002.215.02, созданного на базе ФГБУН «Геологическом институте РАН», по адресу: 119017, Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 1, 4 этаж, конференц-зал ГИН РАН.

С диссертацией можно ознакомиться в отделении геологической литературы Секции Наук о Земле РАН по адресу: Москва, Старомонетный пер., д.35, ИГЕМ РАН и на сайте [http://ginras.ru/struct/19/10/files/Ryazanov\\_dissertation\\_2021.pdf](http://ginras.ru/struct/19/10/files/Ryazanov_dissertation_2021.pdf)

Отзыв в двух экземплярах, оформленный в соответствии с требованиями ВАК, просим направлять по адресу: 119017, Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 1, ГИН РАН. тел. +7 (495) 959-34-96. E-mail: loam@mail.ru

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,

Кандидат геолого-минералогических наук



И. В. Латышева

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Территория Югорского полуострова является уникальным геологическим объектом для решения вопросов тектогенеза и взаимного расположения важнейших региональных структур. В свете новых геолого-геофизических данных возникла необходимость переосмысления соотношения Зилаиро-Лемвинской и Бельско-Елецкой структурно-формационных зон в пределах Пай-Хоя, разделенных Главным Пайхойским надвигом.

На протяжении многих лет основное внимание уделялось вопросам стратиграфии, тектоники, литологии и палеогеографии, которые освещены в работах А. М. Ивановой (1959 г.), В. И. Бондарева (1967 г.), В. С. Енокаяна (1970, 1971, 1981 гг.), А. З. Бурского (1968, 1971 гг.), О. В. Заборина (1971, 1972, 1977 гг.), А. С. Микляева (1971, 1972, 1990, 1991, 1994, 1999 гг.), А. Б. Юдиной (1986 г.), А. А. Беляева (1981, 1986, 1988, 1989, 1994, 2004 гг.) и других исследователей.

Палеогеографические схемы, существующие на сегодняшний день, не отражают все обстановки осадконакопления ранне- и среднепалеозойского (поздний кембрий – средний девон) времени. Значительные интервалы геологического времени между крупными этапами формирования палеобассейна представлены на них в генерализированном виде. С помощью моделирования процесса осадконакопления проведен анализ циклических ассоциаций осадочных пород, построена иерархическая система геологических тел и уточнено положение местных стратиграфических подразделений исследуемого интервала (верхний кембрий – средний девон). Используя такой принцип, можно уточнить взаимное расположение, характер соотношений и внутреннее строение аллохтонных, параавтохтонных и автохтонных блоков, формирующих современную структуру Пай-Хоя. Разработка структурно-генетической модели формирования палеозойского осадочного комплекса представляет интерес

в связи с перспективностью прилегающих территорий и акваторий на углеводородное сырье, медно-никелевое и другие оруденения, что напрямую отвечает государственным программам развития районов Российской Арктики.

**Объект исследования.** Исследуемая территория занимает значительную часть Югорского полуострова, расположенного между Баренцевым и Карским морями. На юго-западе она граничит с Коротайхинской низменностью, на северо-востоке ее граница протягивается по побережью Карского моря. Остров Вайгач, находящийся на северо-западе от рассматриваемой территории, отделен от нее узким проливом Югорский Шар. Центральная часть полуострова занята хребтом Пай-Хой (рис. 1).

**Цель исследования** заключается в реконструкции последовательных стадий формирования терригенных, кремнисто-глинистых и карбонатных образований верхнего кембрия – среднего девона Пайхойского палеобассейна северо-западной части Югорского полуострова на основе структурно-генетического анализа осадочных формаций.

**Задачи исследования:**

1. анализ литолого-генетических групп осадочных образований, развитых в исследуемом районе;
2. корреляция ассоциаций осадочных пород подразделений с выявлением фаз колебания уровня моря;
3. выделение цикличности изучаемых стратифицированных комплексов;
4. распространение геологических образований по северо-западной территории Пай-Хоя;
5. интерпретация данных математического моделирования геолого-геофизических разрезов;
6. реконструкция палеогеографических обстановок территории Пай-Хоя для раннего и среднего палеозоя (поздний кембрий – средний девон);
7. выявление условий формирования Пайхойского палеобассейна.

**Фактический материал.** Работа основана на материалах, собранных автором за пять полевых сезонов при послойном описании обнаженных разрезов суммарной мощностью более 8,5 км с 2013 по 2017 год, при выполнении геологического доизучения площадей Югорского полуострова в пределах листов R-41-XIX, R-41-XX, XXI и на листах R-41-XXV, XXVI, XXVII. Лабораторная и камеральная обработка материалов



**Рис. 1. Схема тектонического районирования Пай-Хоя (по А.С.Микляеву, 1999, с добавлениями автора) и положения исследуемой территории.**

Главные структуры: I – Тимано-Печорская плита (Печорская синеклиза); II – Предуральский краевой прогиб (II-A – Вашуткино-Талотинская надвиговая зона (поднятие Чернова); II-B – Коротайхинская впадина); III – Новоземельско-Уральский складчатато-надвиговой пояс (III-A – Центрально-Новоземельский мегантиклинорий; III-A-1 – Вайгачско-Южно-новоземельский антиклинорий, III-A-2 – Пайхойский шарьяж-антиклинорий, III-A-3 – Карский синклинорий, III-B – Усинско-Верхнекарский синклинорий; III-B – Центрально-Уральский мегантиклинорий

включала оптико-микроскопические исследования 800 шлифов, определение физических свойств горных пород (3200 образцов), стратиграфо-палеонтологические исследования, рентгено-томографическое изучение образцов (20 шт.). Петрофизическо-литогеодинамические реконструкции и моделирование выполнены в программах ArcGIS, IRAP RMS и CorelDRAW. Математическое моделирование геолого-геофизических разрезов проводилось в программной среде GM-SYS фирмы GEOSOFT. Кроме собственных материалов, в работе использованы описания шлифов, керны скважин и результаты лабораторных исследований пород из отчетов ГДП-200/2 и фондовых отчетов.

#### **Защищаемые положения:**

1. позднекембрийско-среднеордовикские стратифицированные комплексы отражают три стадии развития Пайхойского палеобассейна, связанные с заложением и углублением рифтовой впадины: нижняя часть разреза с верхнего кембрия и до конца тремадокского века, образованная за счет временных потоков с начала заложения рифтовой долины и ее борта, соответствует прибрежно-мелководному этапу; фашиально разнообразная средняя часть (флоско-нижнедапинский интервал) сформирована в условиях мелководного шельфа, постепенно сменяющихся глубоководными; начиная со среднеордовикской эпохи (верхнедапинско-среднедаривильский интревал), исследуемая территория испытывала все более интенсивное погружение и в относительно глубоководных условиях седиментации образовался комплекс пород последней стадии;

2. в среднем палеозое (силур-средний девон) Пайхойскому палеобассейну соответствует обстановка континентального склона и подножия с накоплением турбидитов и гемипелагитов, ограниченного с запада (в современных координатах) карбонатным шельфом;

3. в истории геологического развития Пайхойского палеобассейна в позднекембрийско-среднедевонское время выделяется два этапа. Первый этап (поздний кембрий – поздний ордовик) – накопление дифференцированных осадков в ходе окраинно-континентального рифтогенеза. Второй этап (поздний ордовик – средний девон) соответствует зрелой фазе формирования окраинного моря палеоконтинента.

#### **Научная новизна** заключается в следующем:

1. на основе анализа комплекса литологических и биостратиграфических характеристик пород и их вертикальных последовательностей разработана поэтапная реконструкция условий осадконакопления в рассматриваемом районе;

2. впервые в совокупности детализированы структурно-вещественные характеристики осадочных образований, сформировавшихся в течение позднекембрийско-среднедевонского этапа развития Пайхойского палеобассейна;

3. методами структурно-генетического анализа и с учетом биостратиграфических данных предложено обновленное стратиграфическое положение исследуемых подразделений (хенгурская, тальейтывисская, сопчинская, оюская, ливановская и падейская свиты). Актуализирована кривая колебания уровня моря для Пайхойского палеобассейна и проведено ее сравнение с глобальной и региональными кривыми колебания уровня моря.

**Практическая значимость работы.** Методами структурно-генетического анализа осадочных формаций Пай-Хоя уточнены границы горизонтов нижнего и среднего палеозоя региональной стратиграфической схемы Вайгачско-Пайхойской серийной легенды северо-западной окраины Югорского полуострова. Разработанные автором литолого-петрофизические модели позволяют усовершенствовать стратиграфические схемы, используемые в нефтегазовой геологии, и легенды ГГК-200 и 1000 нового поколения. Результаты исследования закладывают литолого-фациальную, циклостратиграфическую и геодинамическую основы для разработки критериев прогноза месторождений полезных ископаемых осадочного и вулканогенно-осадочного генезиса Пайхойского региона. Моделирование бассейнового седиментогенеза явилось источником для прогноза и дополнения латеральных изменений в опорных разрезах в пределах листов R-41-XIX, XX, XXI, XXV, XXVI, XXVII по объектам региональных геологосъемочных работ масштаба 1 : 200 000 в пределах Северо-Западного ФО за 2013–2017 гг.

**Апробация работы.** Основные положения работы докладывались на международных и всероссийских совещаниях и конференциях. Соискатель является победителем XI международного форума-конкурса «Проблемы недропользования» среди аспирантов (Санкт-Петербургский горный университет, 2016), призером V Международной конференции молодых ученых и специалистов (Санкт-Петербург, «ВНИИОкеангеология», 2016). За время обучения в аспирантуре и подготовки диссертации соискатель принимал участие в IV Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов «Новое в геологии и геофизике Арктики, Антарктики и Мирового океана» (Санкт-Петербург, «ВНИИОкеангеология им. И. С. Грамберга», 2014), I Всероссийской школе студентов,

аспирантов и молодых ученых по литологии (Екатеринбург, ИГГ УрО РАН, 2014), II Всероссийской школе студентов, аспирантов и молодых ученых по литологии (Екатеринбург, ИГГ УрО РАН, 2016), Международных молодежных научных форумах «ЛОМОНОСОВ-2015» (Москва, МГУ, 2015) и «ЛОМОНОСОВ-2016» (Москва, МГУ, 2016), 51 Международной студенческой научной конференции (Польша, Краков, 2016), ежегодной Международной научной конференции «60 день горняка и металлурга» (Германия, Фрайберг, 2017).

Соискатель являлся исполнителем совместных работ с геологоразведочной организацией ООО «Поляргео» (Санкт-Петербург) (ныне отдел РГ и ПИ полярных и приполярных территорий, ФГБУ «ВСЕГЕИ»). За время сотрудничества автор привлекался к составлению геологической документации по геологосъемочным объектам Северо-Западного ФО (ГДП масштаба 1 : 200 000 листов R-41-XX, XXI (Амдерминская площадь), ГДП-200 листа R-41-XIX (Варнекская площадь), ГДП-200 листов R-41-XXV, XXVI, XXVII (Оюско-Янгарейская площадь)) и, соответственно, принимал в них участие (2013–2018 гг.).

По теме диссертации опубликовано 14 научных работ, в том числе 3 статьи в журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 1 статья – в журнале издания Scopus.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка сокращений, библиографического списка, 6 приложений. Работа изложена на 179 страницах, содержит 7 таблиц, 67 рисунков. Библиография включает 281 наименование.

**Глава 1. «Геологическое строение и состояние изученности ранне-среднепалеозойских (поздний кембрий — средний девон) отложений Пай-Хоя»** подразделяется на две подглавы. В первой из них поэтапно рассмотрена история изучения седиментологических, стратиграфических, тектонических, петрофизических и других характеристик отложений хребта Пай-Хой. Вторая подглава посвящена стратиграфии и геологическому строению ранне-среднепалеозойских образований (поздний кембрий – средний девон).

**Глава 2. «Фактический материал и методика исследований»** подразделяется на две подглавы. В первой части указаны фактические сведения, на которых основана работа. Научно-методическая база исследований описана во второй подглаве. Автором охарактеризованы инструменты по изучению и определению ассоциаций осадочных пород и типы их событийности, и порядок обработки физических свойств горных пород.



**В главе 3 «Литолого-генетические комплексы»** детально рассмотрены все литологические разности исследуемых подразделений, определенные в соответствующие группы для выделения и анализа структуры слоев (прил. 1).

**Глава 4. «Цикличность изучаемых отложений»** подразделяется на четыре подглавы, первые три из которых отражают определенный возрастной интервал и циклические ассоциации. В первой части указаны типы слоев и типы циклотем от верхнего кембрия до верхнего ордовика. Во следующей подглаве охарактеризованы типы слоев и типы циклотем от нижнего силура и до нижнего девона. В третьей подглаве по таким же параметрам описаны отложения нижнего и среднего девона. В последней части главы приведена позиция автора по корреляционным возможностям ассоциаций осадочных пород между собой. Построены трансгрессивно-регрессивные профили, максимумы и минимумы которых соотнесены с региональными и глобальной кривыми колебания моря, отражают последовательно выделенную цикличность рассматриваемых стратиграфических уровней.

**В главе 5 «История геологического развития Пай-Хоя в раннем и среднем палеозое»** приведены представления автора о развитии пассивной окраины в раннем-среднем палеозое, выделены этапы развития осадочного бассейна. Она делится на три подглавы. В первой части речь идет об эволюции осадконакопления, во второй рассмотрены палеогеографические и литолого-фациальные реконструкции для позднего кембрия – среднего девона рассматриваемого региона, а в третьей подглаве показана общая геодинамическая модель для каждого геохронологического интервала.

**Благодарности.** Работа выполнена под руководством кандидата геолого-минералогических наук Романа Анатольевича Щеколдина, которому автор признателен за постановку интересной темы, консультации и поддержку.

Автор выражает благодарность отделу РГ и ПИ полярных и приполярных территорий ФГБУ «ВСЕГЕИ» (Д. В. Зархидзе, А. М. Нахшкарян, А. Е. Цыбульской, Е. В. Богатыревой, Н. А. Алексеевой, В. А. Плаксиной, А. С. Букасу, П. С. Калугину). Автор сердечно благодарит Андрея Владимировича Журавлева (Институт геологии Коми НЦ УрО РАН), Святослава Юрьевича Енгальчева, Елену Вячеславовну Старикову (ФГБУ «ВСЕГЕИ») и Владимира Григорьевича Киселя (Воркутинский геологический музей им. К. Г. Войновского-Кригера) за всестороннее содействие в проведении исследований, помощь и поддержку. За обсу-

ждение работы, критические замечания и помощь в подборе материалов автор искренне признателен проф. Е. Д. Михайловой, проф. И. В. Таловиной, проф. А. В. Козлову, доц. М. Г. Цинкобуровой, доц. В. П. Матвееву, канд. геол.-минерал. наук А. Н. Плотицыну.

Автор признателен М. А. Шишкину, А. Г. Коннову, А. А. Суярковой, Т. Ю. Толмачевой, А. И. Герасимовой, А. В. Крылову, П. П. Пискуну, Н. Н. Соболеву, С. Г. Вяловой, С. Ю. Степанову (ВСЕГЕИ), Н. Б. Кузнецову, С. Д. Соколову (ГИН РАН) за оказание разносторонней (организационной, научно-методической, консультативной) помощи и предоставление материалов.

## ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ИХ ОБОСНОВАНИЕ

**1. Позднекембрийско-среднеордовикские стратифицированные комплексы отражают три стадии развития Пайхойского палеобассейна, связанные с заложением и углублением рифтовой впадины: нижняя часть разреза от верхнего кембрия и до конца тремадокского века, образованная за счет временных потоков с начала заложения рифтовой долины и ее борта, соответствует прибрежно-мелководному этапу; фациально разнообразная средняя часть (флоско-нижнедапинский интервал) сформирована в условиях мелководного шельфа, постепенно сменяющихся глубоководными условиями; начиная со среднеордовикской эпохи (верхнедапинско-среднедарривильский интервал), исследуемая территория испытывала все более интенсивное погружение и в относительно глубоководных условиях седиментации образовался комплекс пород последней стадии.**

Защищаемое положение раскрыто в главе 4 и опирается на стратиграфо-палеонтологические и другие данные, указанные в главах 3 и 5.

Образования хенгурской свиты относятся к смешанной литолого-генетической группе (ЛГГ) с миграционным типом событийности седиментации (прил. 1). Породы свиты характеризуются незначительным преобладанием в составе одного из гранулометрических компонентов (алевроитового, глинистого или песчаного) и частой сменой преобладающего компонента. В миграционной модели слоенакопления хенгурской свиты выделены три типа циклотем, отвечающих подсветному делению подразделения: нижнехенгурская ( $C_3-O_1hn_1$ ), среднехенгурская ( $O_{1-2}hn_2$ ), верхнехенгурская ( $O_2hn_3$ ) подсветы.

Верхнекембрийско-среднеордовикский интервал (хенгурская свита) Пайхойско-Восточно-Новоземельской подзоны имеет спорное стратиграфическое положение. Автор работы предлагает установить указанные в защищаемом положении возрастные границы каждой подсвиты, подтвержденные новыми палеонтологическими данными.

Ранняя стадия заполнения палеорифтов отражена в груботерригенных образованиях нижнехенгурской подсвиты. Последующее сглаживание рельефа склонов впадины и вызванное им сокращение поступления терригенных осадков способствовали биогенному карбонатакопленению средней части хенгурской свиты. Образование грабеновых фаций – грубообломочных толщ весьма переменной мощности, – сопровождаемое субщелочным вулканизмом, связано на Урале с рифтогенезом, который предваряет заложение пассивной континентальной окраины и океанического бассейна [Puchkov, 2002; Пучков, 2010]. Такая же геодинамическая обстановка прослеживается и на Пай-Хое. В период тектоно-магматической активизации происходили излияния базальтов и внедрение интрузий средне-позднеордовикского габбродолеритового оюского комплекса (рис. 2, 3).

Нижнехенгурские типы слоев формировались вначале в континентальной, затем в прибрежно-морской обстановке в пределах пролювиальной дельты. Накопление грубого терригенного материала происходило, вероятно, в бортовых частях грабенообразных прогибов в результате переноса речными и грязекаменными потоками. Затем, по мере развития трансгрессии, в условиях открытого морского мелководья накапливался глинисто-кремнистый материал путем осаждения из взвеси в спокойной гидродинамической обстановке.

Среднехенгурские типы слоев. Вероятно, фациальное разнообразие этого интервала обусловлено продолжением образования внутрикратонных грабенов и общим погружением территории. Нижняя карбонатно-терригенная часть отражает быструю трансгрессию, выполаживание склонов рифтовой долины и удаление от области сноса. Максимум трансгрессии совпал с локальным излиянием единичных потоков базальтов и постепенным заполнением рифтов. Цикл завершается прекращением образования терригенных турбидитов, активизацией карбонатакопления и умеренным погружением дна бассейна.

Верхнехенгурские типы слоев, по-видимому, сформировались в глубоководной зоне палеобассейна с образованием пелагического материала в ходе деструкции рифтогенного шельфа. Присутствие на этом уровне потоков базальтов указывает на продолжающееся растяжение земной коры в данном регионе (остаточный рифтогенез).

Нижнехунгурская подсистема				
Тип слоя	Текстура	Литотип	Вевф	
ZB	[Линейная]	ZB	CP/A	T
KC	[Слоистая]	ZC1	CP/A	T
		ZC2	CP/A	
		ZC3	CP/A	
		ZC4	CP/A	

Среднехунгурская подсистема				
Тип слоя	Текстура	Литотип	Вевф	
XA-I	[Слоистая]	XA1	CP/A	T
XC	[Слоистая]	XB1	CP/A	T
		XB2	CP/A	
		XB3	CP/A	
		XB4	CP/A	
YD	[Слоистая]	YD1	CP/A	T

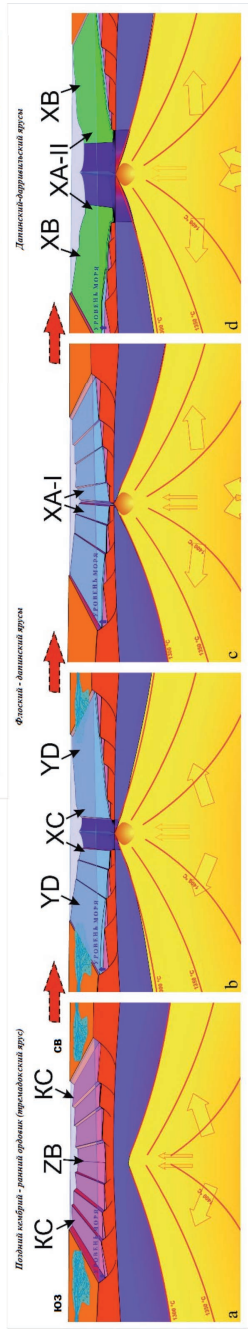
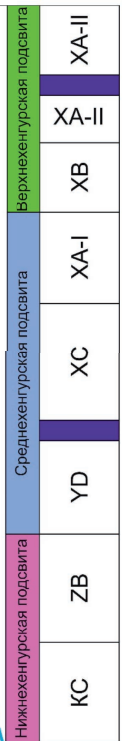
Верхнехунгурская подсистема				
Тип слоя	Текстура	Литотип	Вевф	
XA-II	[Слоистая]	XA2	CP/A	T
XB	[Слоистая]	XA3	CP/A	T
		XA4	CP/A	
		XA5	CP/A	
		XA6	CP/A	
YD	[Слоистая]	YD2	CP/A	T

Условные обозначения:

Адаптированная таблица размерностей:

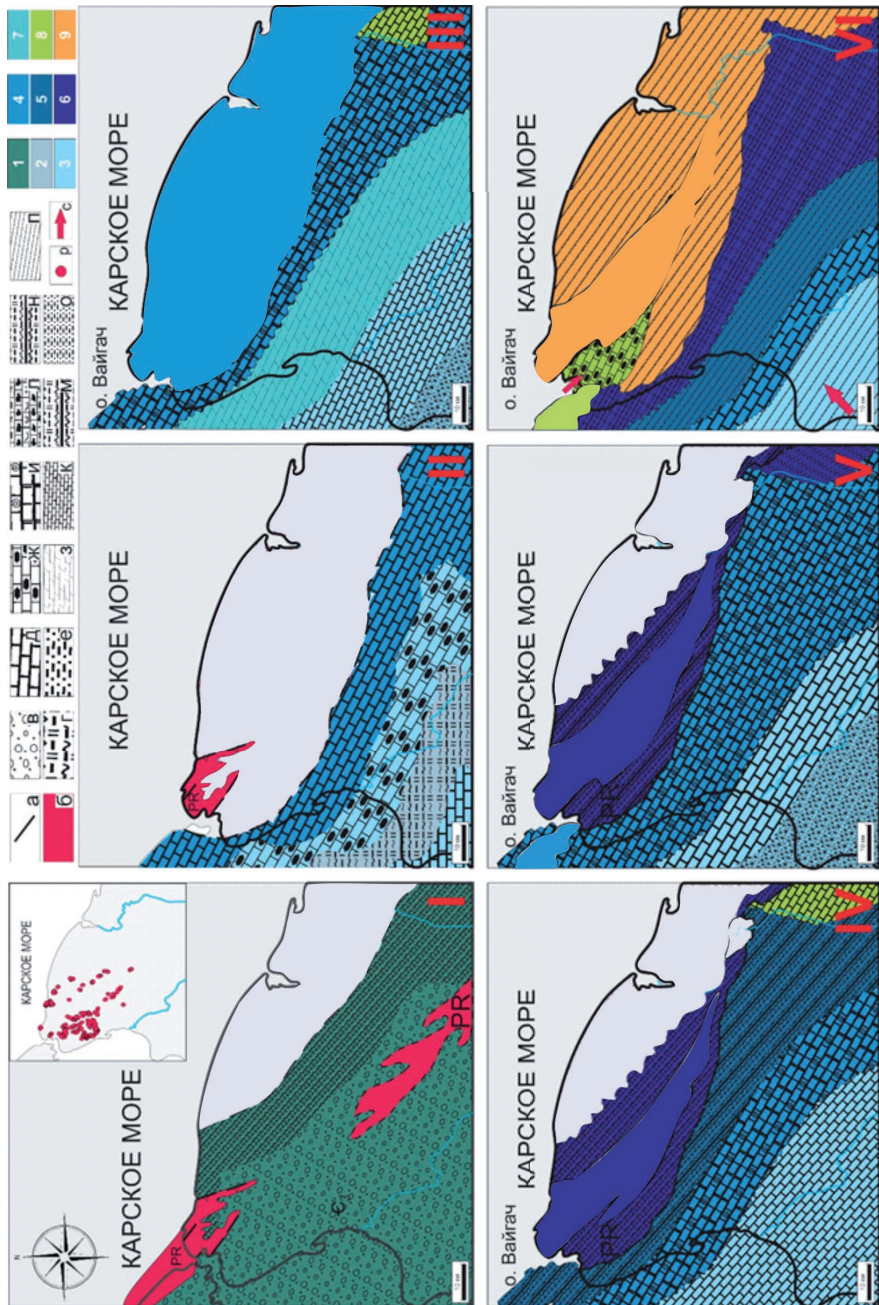
Корреляция	Исходные	Исходные	Исходные
11	Алювио-песчаный	0,01-0,05 км	0,01-0,05 км
12	Песчаный	0,01-0,05 км	0,01-0,05 км
13	Песчаный	0,01-0,05 км	0,01-0,05 км
14	Песчаный	0,01-0,05 км	0,01-0,05 км
15	Песчаный	0,01-0,05 км	0,01-0,05 км

Трансгрессия  
Регрессия



**Рис. 2. Структурно-генетическая реконструкция хенгурской свиты и геодинамическая модель формирования образований Верхнекембрийско-среднеордовикского интервала исследуемой территории.**

1 – нижнехенгурские типы слоев; 2 – среднехенгурские типы слоев; 3 – верхнехенгурские типы слоев; 4 – излияния базальтов. Северо-восточная часть рифта отображена для наглядности и имеет гипотетический смысл; Т – трансгрессия; 1а – конкреции известняка; 1б – линзы известняка; 2 – линзы и стяжения алевроита; 3 – известково-песчаные стяжения трубчатой формы; 4 – палео-фаунистические остатки; 5 – следы жизнедеятельности ископаемых организмов внутри осадка; 6 – аргиллит алевроитистый; 7 – аргиллит; 8 – песчаник; 9 – валунно-галечные конгломераты, гравелиты; 10 – гравийные песчаники, кварцитопесчаники; 11 – аргиллит углеродисто-глинистый; 12 – аргиллит углеродисто-глинисто-кремнистый; 13 – известняк; 14 – доломит; 15 – известняковые конгломераты, реже конглобрекции; т/з – тонкозернистый; м/з – мелкозернистый; ср/з – среднезернистый; кр/з – крупнозернистый; гр/з – грубозернистый; т/д – тонкодетритовый; м/д – мелкодетритовый; ср/д – среднетритовый; кр/д – крупнодетритовый; гр/д – грубодетритовый



**Рис. 3. Литолого-фациальные и палеогеографические реконструкции позднекембрийско-среднедевонских образований исследуемой территории в современном географическом положении (данные автора). I – поздний кембрий; II – ранний ордовик; III – средний и поздний ордовик; IV – силур; V – ранний девон; VI – средний девон**

1 – прибрежно-мелководные обстановки; 2 – изолированное мелководье; 3 – мелководный шельф; 4 – глубоководный шельф; 5 – континентальный склон и подножие; 6 – глубоководные обстановки; 7 – рифовый барьер; 8 – карбонатные постройки; 9 – палеобассейн подводных конусов выноса

*a* – предполагаемые консолидационные разломы; *b* – докембрийские отложения; *в* – конгломераты, гравелиты, кварцитопесчаники; *г* – кремнисто-глинистые породы; *д* – карбонатные породы; *e* – глинисто-кремнистые породы; *ж* – известняковые конгломераты, конгломерки; *з* – доломиты; *и* – известняки органотенно-детритовые; *к* – известняки, известняки пелитоморфные; *л* – известняки грубодетритовые; *м* – глинисто-кремнисто-карбонатные породы; *н* – кремнисто-глинисто-карбонатные породы; *o* – алевролиты; *п* – терригенные породы; *p* – точки наблюдения; *с* – направление сноса осадочного материала мутьевыми потоками (турбидиты)

**2. В среднем палеозое (силур-средний девон) Пайхойскому па- леобассейну соответствует обстановка континентального склона и подножия с накоплением турбидитов и гемипелагитов, ограничен- ного с запада (в современных координатах) карбонатным шельфом.**

Защищаемое положение сформулировано в главе 4 и опирается фактический материал, изложенный в главах 2 и 3. В защищаемом положении рассматриваются три местные стратиграфические единицы: оюская ( $S_1-D_1$ ), ливановская ( $D_1$ ), падейская ( $D_{1-2}$ ) свиты. Образования относятся к карбонатно-силикатной ЛГГ с мутационно-миграционной моделью слоенакопления ( $S_1-D_1$ ), кремнисто-карбонатной ЛГГ с мута- ционно-инъекционным типом событийности ( $D_1$ ) и терригенной ЛГГ с инъекционными турбидитными процессами ( $D_{1-2}$ ) (прил. 1).

Реконструкции силурийского и раннедевонского осадконакопления (схемы 4 и 5, рис. 3), в части выделения фациальных типов осадков и их распространения по рассматриваемой территории, зависели не только от изменения уровня моря. Имело место обновление разломов рифтогенной стадии, в результате чего, как и на Полярном Урале [Пучков, 1996, 2000], произошло резкое опускание (деструкция) части мелкого шельфа с образованием глубоководного шельфового плато с рифовым внешним краем (рис. 3, схема 4). В начале силура территория отчетливо делится на елецкую шельфовую и лемвинскую глубоководную зоны. Первая отвечает в современном понимании мелкому шельфу, вторая – глубокому шельфу, континентальному склону и подножию палеозойской континентальной окраины Восточно-Европейского континента [Пучков, 1979]. Раннедевонская регрессия, начавшаяся в конце пражского времени, вызвала разрушение органогенных построек елецкой (шельфовой) зоны за пределами исследованной территории [Журавлев, 2015, 2018] и привела к кратковременному обмелению внутренней части рампа (рис. 3, схема 5).

Вносят значительную новизну и представляют интерес реконст- рукции по условиям формирования, площадному распространению градаций и строению турбидитов падейской свиты. Подтверждением реконструкции палеогеографической и литолого-фациальной позиций может служить детальное изучение падейской свиты, которое представлено в главах 3 и 4.

Методика литолого-генетического анализа позволила проследить и уточнить границы градаций отложений турбидитного потока (от проксимальной до дистальной), и выделить новую литолого-фациальную



градацию [Рязанов, 2019], что отразилось на детализации литолого-фациальной и палеогеографической реконструкции среднедевонского времени (рис. 3, схема 6). В силурийско-раннедевонское время мелководный карбонатный шельф простирался на сотни километров к юго-западу, вплоть до Тимана. Поэтому источником преимущественно кварцсодержащих осадков падейской свиты могли быть только территории Тимана и более западных районов Восточно-Европейской платформы, охваченные обширной регрессией (Тимано-Печорский седиментационный бассейн, 2000; [Тимонин, 2000, 2004]). Кратковременные колебания поступления карбоната имели, скорее всего, сезонную природу и были связаны с аридизацией климата в конце среднего девона.

**3. В истории геологического развития Пайхойского палеобассейна в позднекембрийско-среднедевонское время выделяются два этапа. Первый этап (поздний кембрий – поздний ордовик) – накопление дифференцированных осадков в ходе окраинно-континентального рифтогенеза. Второй этап (поздний ордовик – средний девон) соответствует зрелой фазе формирования окраинного моря палеоконтинента.**

По представлениям автора диссертационной работы, рифтогенез на Пай-Хое начался в позднем кембрии, что хорошо обосновано систематическим обобщением фактического материала, изложенного в главах 2–5. В литогеодинамическом отношении в раннем и среднем палеозое на Пай-Хое четко выделяются формации шельфа и континентального склона. В шельфовой части в течение палеозоя формировались осадки преимущественно карбонатного состава, мощность которых превышает 6,5 км.

Формирование окраины на этапе рифтогенеза сопровождается внедрением в течение позднеколнабукского и тэлашорского времени небольших объемов интрузивных и вулканических пород основного и ультраосновного состава и поднятием края шельфа (колнабукское и филиппчукское время). Данные процессы указывают на то, что область перехода от континента к морю относится к пассивной континентальной окраине. Со среднего ордовика и по ранний девон такую окраину можно считать пассивной, а в периоды от позднего кембрия до середины ордовика (среднедарривильское время) и с эмского времени раннего девона – вулканически активной. На границе шельфа и глубоководья в позднем кембрии – среднем девоне, предположительно, существовал своеобразный литолого-тектонический барьер, который фиксируется

рифовыми массивами [Пучков, 1996, 2000; Богацкий, Ласкин, 1999; Тектоническая история..., 2001].

Модель формирования для позднекембрийско-среднеордовикского времени (хенгурская свита) рассматриваемой территории в приложениях 2 и 3 наглядно подтверждает точку зрения о дифференцированном осадконакоплении. В местах активного образования полуграбенообразных структур изливались на поверхность базальтовые покровы. Сегментированные конусы выноса осадочного материала формировались в изолированных зонах растяжения и образовывали смешанную группу осадков. Материал верхней части разрезов свиты отлагался в глубоководной зоне шельфа.

Модель осадконакопления для средне- и позднеордовикского времени (тальбейтывисская свита) рассматриваемой территории представляет собой переходную фазу между этапом окончания неоднородного растяжения земной коры и этапом формирования склона. На транзитной окраине (переходная зона) могли образовываться шельфовые карбонатные постройки. В глубоководье карбонатные постройки (иловые холмы) могли формироваться за счет гидротермальных или биогеохимических процессов [Tucker&Wright, 2002]. В присклоновой части формировались темпеститы, по склону перемещались оползни и обломочные потоки.

Модель осадконакопления для позднеордовикского времени (сопчинская свита) проиллюстрирована в прил. 3. На данный этап приходятся формирование пологонаклонного склона (рампы) и осадконакопление в спокойной гидродинамической обстановке. По отложениям сопчинской свиты можно проследить структуру мелководного и глубоководного рампа (по аналогии с Lee Y. I., Nyeong K., Yoo S. M., 2001). Идет обширное развитие карбонатных построек с накоплением сопутствующего биокластического материала. Оползневая седиментация на конец ордовикского времени усилилась. Возможно, это связано с обновлением разломов полуграбенообразных структур.

Максимум глубины бассейна приходится на силурийско-раннедевонское время (прил. 2). Общие закономерности эволюции обстановок седиментации с учетом выделенных структурно-генетических типов и фаунистических комплексов силура-верхнего девона указывают на то, что территория Югорского полуострова в рассматриваемый промежуток времени принадлежала единому бассейну осадконакопления, большая часть которого была глубоководным Пайхойским морем.

Модель осадконакопления для раннедевонского (поздний лохков – конец пражского века) времени отражает этап деструкции края шельфа. Раннедевонская регрессия в сочетании с блоковой тектоникой в области шельфа и суши привела к усилению терригенного стока и опусканию края шельфа. На краевых поднятиях в западной части Пай-Хоя (за пределами рассматриваемой территории) формировались биогермно-отмельные комплексы, служившие источником обломочного карбонатного материала, а на северо-западе (частично в пределах рассматриваемой территории) начал функционировать мощный конус выноса, поставлявший с суши и островов кварцевый песчаный материал, обильную глинистую взесь и остатки прибрежной растительности.

Модель осадконакопления для позднепражско-живетского времени (падейская свита) имеет турбидитную природу (реконструирован идеализированный конус выноса), что подтверждается площадным распространением выделенных градаций и строением разрезов падейской свиты. Сочетание двух источников сноса, терригенного и менее интенсивного карбонатного, обусловило накопление силикластических турбидитов с рассеянным карбонатным детритом (падейская свита). В моменты максимумов эйфельской и живетской трансгрессий сход мутьевых потоков с края шельфа прекращался и накапливались фоновые глинисто-кремнистые осадки.

К концу падейского времени (поздний живет) интенсивность выноса терригенного материала на край шельфа падает вследствие выработки профиля равновесия в области размыва.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Автором произведена структурно-генетическая реконструкция литолого-генетических комплексов пород по совокупности первичных признаков (вещественный состав, структура, текстура, неорганические включения, сингенетические новообразования).

Составлена систематическая матрица литолого-генетических групп палеозойских образований Пай-Хоя на основе структурно-генетического анализа осадочных формаций, способствующая пополнению баз геологической информации новыми оригинальными данными. Выделены последовательные стадии формирования отложений нижнего и среднего палеозоя (хенгурской, тальбейтывисской, сопчинской, оюской, ливановской и падейской свит).

Систематизированы литолого-генетические комплексы пород. Всего выделено 73 типа слоев, 27 типов циклотем, которые сведены в общую иерархическую систему.

Рассмотренные в работе свиты изучались по обнажениям (более 8,5 км). Выделенные по разрезам литолого-фациальные типы коррелировались между собой с учетом биостратиграфических данных. По результатам корреляции выявлены фазы колебания уровня моря для каждого геохронологического интервала. При рассмотрении этапа рифтинга уделялось внимание моментам обновления разломов грабенообразных структур, формирующих современное тектоническое строение Пайхойского палеобассейна. Было выделено 4 фазы миграционного, 4 фазы инъекционного и 2 фазы мутационного слоенакопления. Помимо этого, установлены 8 трансгрессивных и 8 регрессивных фаз, которые были связаны как с глобальными, так и с региональными изменениями уровня моря.

На основе структурно-генетического анализа осадочных формаций обоснована цикличность палеозойских отложений на протяжении развития Пайхойского окраинного моря (поздний кембрий-средний девон). Литолого-фациальные разрезы раскрывают геологическую позицию описанных литотипов, отражающую цикличность рассматриваемых стратиграфических уровней.

Методами петрофизических исследований физических свойств горных пород подразделений северо-западного Пай-Хоя построены сводная таблица физических свойств горных пород и геолого-геофизические разрезы, отражающие и подтверждающие геологическую позицию образований северо-западной части Югорского полуострова. Установлены первичные закономерности пространственной локализации пород-коллекторов, изменения их качества по профилям. Зоны наилучших коллекторов чаще всего совпадают с зонами повышенных мощностей песчано-алевритовых литотипов.

При построении геолого-геофизической модели ввиду отсутствия пробуренных параметрических и глубоких скважин активно использовались известные геологические данные только по обнажениям; уточнялась литология и мощность плотностных горизонтов. В результате математического моделирования получены плотностные модели.

Всего было выделено пять этапов развития окраинного моря, реконструкция которых отражена на литогеодинамических моделях осадконакопления. Детальное рассмотрение литолого-генетических типов

позволяет уточнить реконструкции событий в геологическом развитии территории. Автором были уточнены возраст, границы и соотношения подразделений с выше- и нижележащими образованиями, структурно-текстурные, вещественные и другие параметры; разработан самостоятельный подход к решению проблем, возникающих при интерпретации осадочных последовательностей.

Построение моделей каждой фазы развития Пайхойского бассейна позволяет генерализировать имеющуюся на сегодняшний день геологическую информацию региона. Полученные результаты дают основание значительно пересмотреть последние умозаключения о пассивной окраине исследуемого времени. Автором были выделены следующие этапы развития осадочного палеобассейна: рифтогенный; формирования пологого палеосклона; окраинного моря: мелководье, континентальный склон, глубоководье; деструкции части шельфа; образования палеобассейна подводных конусов выноса.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. **Рязанов К. П.** О некоторых текстурных особенностях глубоководных пород палеозоя Пайхойского антиклинория / К. П. Рязанов // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. – 2019. – № 4 (292). – С. 11–16.
2. **Рязанов К. П.** Литологические особенности верхнекембрийско – среднеордовикских отложений Югорского полуострова / К. П. Рязанов, Р. А. Щеколдин, А. Д. Кузькина // Региональная геология и металлогения. – 2018. – № 74. – С. 50–59.
3. **Рязанов К. П.** Физические свойства горных пород северо-западного Пай-Хоя / К. П. Рязанов, Н. А. Алексеева // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2018. – Вып. 5 – С. 30–37. – ISSN 2413-5011.
4. **Ryazanov K. P.** On specific structures of Paleozoic rocks of the Pay-Khoy anticlinorium / K. P. Ryazanov, R. A. Schekoldin, A. S. Chebotarev // Topical Issues of Rational Use of Natural Resources: Proceedings of the International Forum-Contest of Young Researchers, April 18–20, 2018, St. Petersburg, Russia. – CRC Press Published, October 16, 2018. – P. 33–40. – ISBN 9780367027438.
5. **Рязанов К. П.** О специфических структурах палеозойских пород. Пайхойского антиклинория / К. П. Рязанов, Р. А. Щеколдин, А. С. Чеботарев // Актуальные вопросы рационального использования природных ресурсов: материалы международного форума-конкурса молодых ученых, апрель 18–20, 2018, Санкт-Петербург, Россия. – CRC Press Published Октябрь 16, 2018. – С. 33–40. – ISBN 9780367027438.
6. **Рязанов К. П.** Модель формирования карской свиты (нижний карбон) северо-восточного Пай-Хоя / К. П. Рязанов // Известия высших учебных заведений: научно-методический журнал «Геология и разведка» / Российский государственный геологоразведочный университет. – 2015. – № 6 – М.: [б. и.], 1958. – С. 21–28. – ISSN 0016-7762.
7. **Рязанов К. П.** Новое железомарганцевое рудопроявление Пай-Хоя / К. П. Рязанов, Н. А. Алексеева, В. А. Плаксина, А. М. Нахшкарян, Е. В. Старикова, А. И. Брусницын, П. С. Калугин, М. А. Шишкин // Геология и минеральные ресурсы европейского северо-востока России: материалы XVII Геологического съезда Республики Коми, 2019. – Сыктывкар.: Изд-во Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2019. – С. 235–236.
8. **Рязанов К. П.** Условия формирования турбидитов нижнего-среднего девона северо-восточного Пай-Хоя / К. П. Рязанов // Материалы IV Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов «Новое в геологии и геофизике Арктики, Антарктики и Мирового океана» / Отв. ред. О. Е. Смирнов, А. Г. Редько, И. П. Моргунова. – СПб.: ФГУП «ВНИИОкеангеология им. И. С. Грамберга», 2014. – С. 73–75.
9. **Рязанов К. П.** Анализ петрофизических и фильтрационно-емкостных свойств терригенных и карбонатных турбидитов северо-восточного Пай-Хоя / К. П. Рязанов // Проблемы региональной геологии северной Евразии: материалы конференции. – М.: МГРИ-РГГРУ, 2016. – С. 85–88.

10. **Рязанов К. П.** Литолого-биостратиграфические особенности палеозойских отложений северо-восточного Пай-Хоя / К. П. Рязанов // Проблемы недропользования: сборник научных трудов. Часть II / Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». – СПб, 2016. – С. 235.

11. **Рязанов К. П.** Условия формирования терригенных турбидитов падейской свиты нижнего-среднего девона северо-восточного Пай-Хоя / К. П. Рязанов // Уникальные литологические объекты через призму их разнообразия: материалы 2 Всероссийской школы студентов, аспирантов и молодых ученых по литологии. – Екатеринбург: ИГТ УрО РАН, 2016. – С. 188–191.

12. **Ryazanov K. P.** Lithological and biostratigraphic characteristics of Paleozoic sediments of the North-Eastern part of the Pai-Khoi / K. P. Ryazanov, R. A. Schekoldin // Technische University Bergakademie Freiberg. – Germany: Medienzentrum der TU Bergakademie Freiberg. – Printed in Germany. – Vol. 1, 2016. – P. 28–30. – ISSN: 2190-555X.

13. **Рязанов К. П.** Литологическая и биостратиграфическая характеристика палеозойских отложений северо-восточного Пай-Хоя / К. П. Рязанов, Р. А. Щеколдин // Технический университет Bergakademie Freiberg. – Германия: Medienzentrum der TU Bergakademie Freiberg. – Отпечатано в Германии. – Вып. 1, 2016. – С. 28–30. – ISSN: 2190-555X.

14. **Ryazanov K. P.** Lithological and biostratigraphic characteristics of Paleozoic sediments of the North-Eastern part of the Pai-Khoi / K. P. Ryazanov // 57 Konferencja Studenckich Kół Naukowych Pionu Górniczego: materiały konferencyjne, 2016. – P. 91.

15. **Рязанов К. П.** Литологическая и биостратиграфические особенности палеозойских отложений северо-восточной части Пай-Хоя / К. П. Рязанов // 57 Научная студенческая конференция по горному делу: материалы конференции, 2016. – С. 91.

16. **Рязанов К. П.** Литологическая контрастность верхнекембрийско-среднеордовикского интервала северо-западной части хребта Пай-Хой / К. П. Рязанов // Проблемы Арктического региона: тезисы докладов XVI Международной научной конференции студентов и аспирантов (г. Мурманск, 16 мая 2017 г.). – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2017. – С. 25–26.

17. **Ryazanov K. P.** Genetic model of the upper Cambrian deposits (lower henger subformation) of the Yugor peninsula / K. P. Ryazanov // Technische University Bergakademie Freiberg. – Germany: Medienzentrum der TU Bergakademie Freiberg. – Printed in Germany. – Vol. 1, 2017. – P. 23–30. – ISSN: 2190-555X.

18. **Рязанов К. П.** Генетическая модель верхнекембрийских отложений (нижнехенгурская подсвита) Югорского полуострова / К. П. Рязанов // Технический университет Bergakademie Freiberg. – Германия: Medienzentrum der TU Bergakademie Freiberg. – Отпечатано в Германии. – Вып. 1, 2017. – С. 23–30. – ISSN: 2190-555X.

19. **Рязанов К. П.** Структурно-генетический анализ среднепалеозойских отложений (падейская свита) северо-восточного Пай-Хоя / К. П. Рязанов // Науки о Земле (GeoScience). – № 3. – 2017. – С. 15–25.

---

Подписано в печать 00.03.2021. Формат 60×84/16.  
Печать офсетная. Печ. л. 1,5 + 3 вкл. Тираж 120 экз.  
Заказ № 401.20.

Отпечатано на Картографической фабрике ВСЕГЕИ  
199178, Санкт-Петербург, Средний пр., 72  
Тел. 328-8121, 321-8153



**ИССЛЕДУЕМЫЕ СТРАТИФИЦИРОВАННЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ**

<b>D<sub>2</sub>pd</b>	Падейская свита. Песчаники черные кварцевые, сланцы кремнисто-глинистые, силлициты, прослой известняков, линзы мanganокarbonатов и баритов (240–600 м)	
<b>D<sub>1</sub>lv</b>	Ливановская свита. Известняки петлячатые с тонкаугитом, с прослоями карбонатно-кремнисто-глинистых сланцев, в верхней части тополищитчатые с детритом (250–300 м)	<b>S-D.os+lv</b>
<b>S-D.os</b>	Оюская свита. Сланцы углеродисто-глинисто-кремнистые, их карбонатные разновидности, прослой углеродисто-кремнистых и петлячатых известняков, сланцы фосфатно-глинисто-кремнистые (270–370 м)	
<b>O<sub>2</sub>tb-sp</b>	Тальбейтовская и сопчинская свиты нерасчлененные. Ритмичное переслаивание известняковых гравелистов, известняковых песчаников, алевролитов, алевропесчаных известняков, алевролитов, алевропесчаных известняков, алевролитов, алевропесчаных известняков, алевролитов, алевропесчаных известняков (400–600 м)	<b>O<sub>1</sub>sp</b>
<b>O<sub>1</sub>tb</b>	Тальбейтовская свита. Ритмичное переслаивание известняковых детритовых известняков, глинисто-кремнистых сланцев. Локально базальты, туфолавы (400–600 м)	<b>O<sub>1</sub>tb</b>
<b>C<sub>1</sub>-O<sub>1</sub>ln</b>	Хенгурская свита. Сланцы глинисто-кремнистые, кремнисто-глинистые и их углеродистые разновидности. Редкие прослой известняков. Локально развиты базальты, туфолавы, песчаники и алевролиты кварцевые, олигомитовые, полимитовые, раделиты, конгломераты, прослой алевросланцев и углеродисто-глинистых сланцев (600–2820 м)	



Рис. 1. Базальные конгломераты нижнехенгурской подбиты хенгурской свиты (литотип fe3)



Рис. 2. Переслаивание известняков глинистых и аргиллитов среднехенгурской подбиты хенгурской свиты (литотип ub)



Рис. 3. Петлячатые известняки верхнехенгурской подбиты хенгурской свиты (литотип ха4)



Рис. 4. Чередование аргиллитов известково-глинистых, часто кремнистых с известняками глинистыми (слева, литотип xb1) и известняки в различной степени глинистые или кремнистые (справа, литотипы xc1 и xc2); тальбейтовская свита



Рис. 5. Чередование аргиллитов углеродисто-кремнистых, углеродисто-глинисто-кремнистых, углеродисто-фосфатно-глинисто-кремнистых и т.д. (слева, группа «сланцев» ха3) и известняки литоблокастические (преобладают), в различной степени глинистые (справа, литотип xc1); сопчинская свита



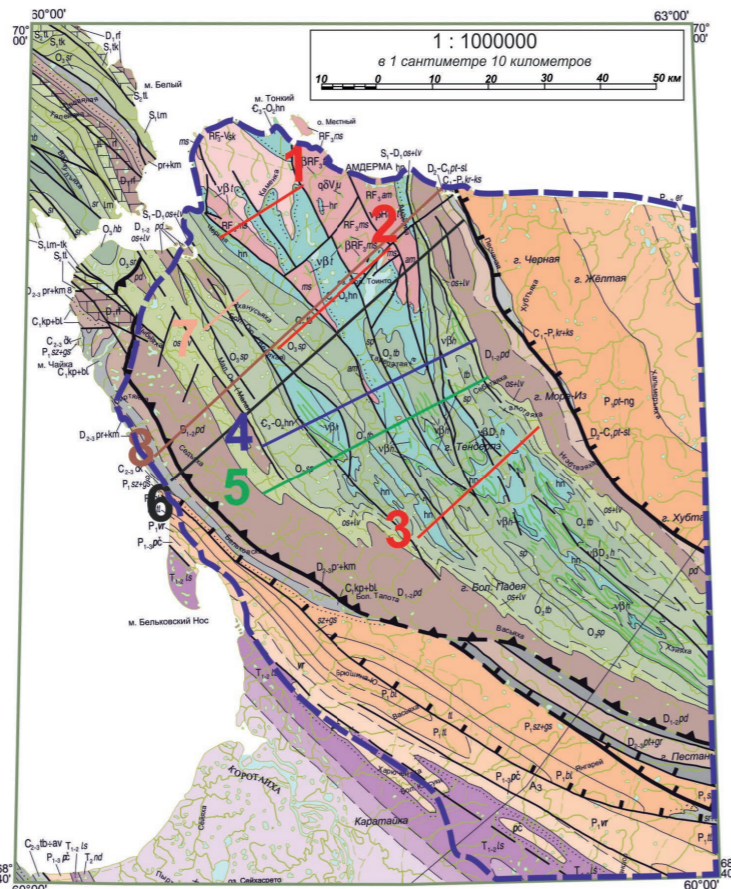
Рис. 6. Аргиллиты углеродисто-кремнистые с линзами и конкрециями кремнисто-карбонатного состава (литотипы ха3' и k1); оюская свита



Рис. 9. Известняки глинистые, нодулярные ливановской свиты (литотип ха5)



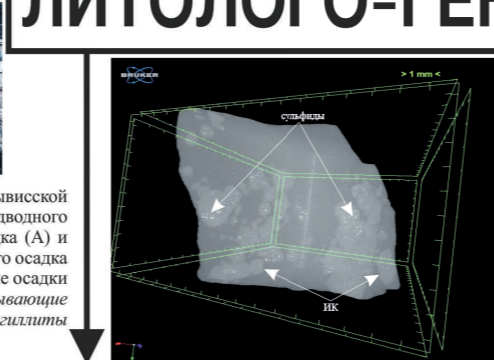
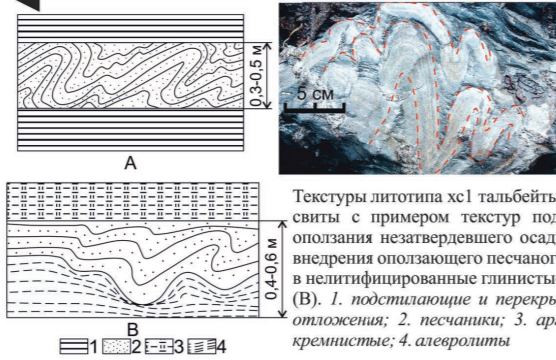
Рис. 10. Градационное чередование аргиллитов углеродисто-кремнисто-глинистых (преобладают), алевролитов и алевропесчаников (слева, литотип xb1) и складчатое залегание градационного чередования аргиллитов углеродисто-кремнисто-глинистых, алевролитов и песчаников кварцевых (преобладают) (справа, литотип xb1); падейская свита



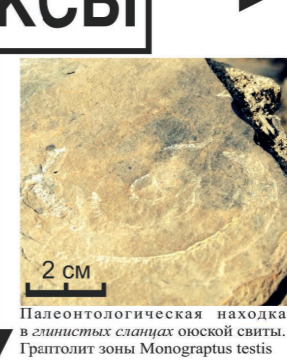
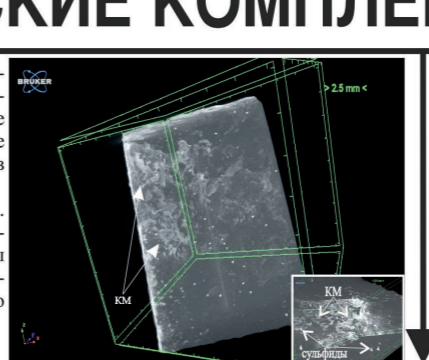
Карта-схема района исследований с расположением литофациальных профилей. Профилей по следующим стратифицированным образованиям: 1,2,3 – хенгурская свита; 4 – тальбейтовская свита; 5 – сопчинская свита; 6 – оюская свита; 7 – ливановская свита; 8 – падейская свита. По материалам геологической карты листа R-41 (Амдерма) (Шишкин и др., 2008)

**ЛИТОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ**

Смешанная группа



Слева: Образец 5945-5. Известняк «глазковый», пелитоморфный. Редкорассеянные сульфиды и комковатое распределение индивидов кальцита (ИК);  
Справа: Образец 9569-2. Силлицит с глинистыми примазками. Редкие индивиды сульфидов и «дымчатое» распределение карбонатного материала (KM)

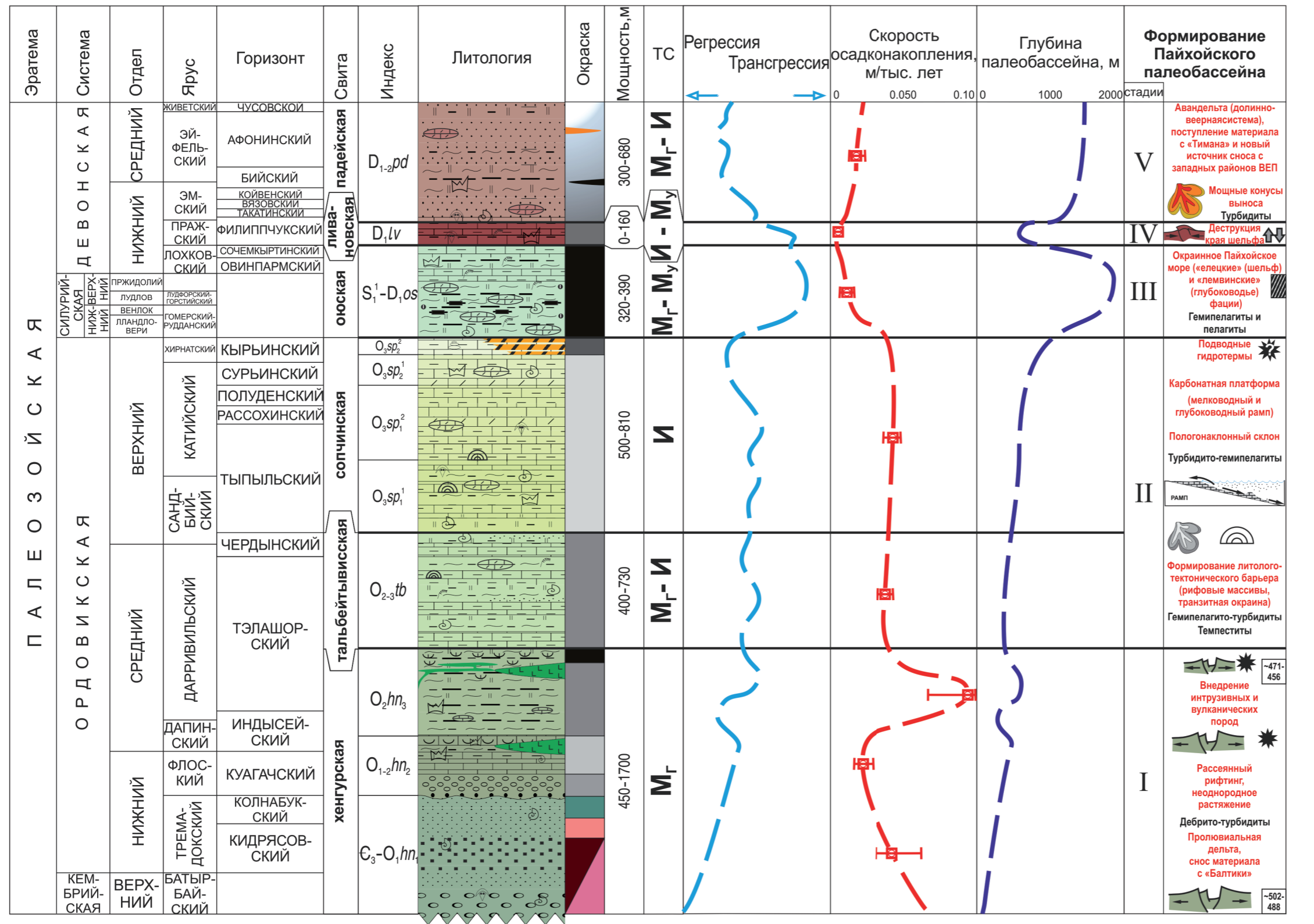


Кремнисто-карбонатная группа

Силикатно-карбонатная группа

Карбонатно-силикатная группа

# МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПАЙХОЙСКОГО ПАЛЕОБАСЕЙНА В РАННЕМ И СРЕДНЕМ ПАЛЕОЗОЕ



Литология: 1 – конгломераты; 2 – гравелиты; 3 – песчаники; 4 – конгломераты и конглобрекчии известняковые; 5 – известняки (а – глинистые, б – органично-детритовые; в – литоблокальные; г – доломитовые; д – кремнистые); 6 – «сланцы» (а – углеродисто-кремнистые, углеродисто-глинисто-кремнистые; б – углеродисто-глинистые, углеродисто-фосфатно-глинисто-кремнистые, углеродисто-кремнисто-глинистые; в – углеродисто-кремнисто-глинистые, углеродисто-глинисто-карбонатные, углеродисто-кремнистые; г – углеродистые; д – смешанного типа); 7 – вулканические пеплы; 8 – диагенетические новообразования; 9 – карбонатные постройки (биогермы).

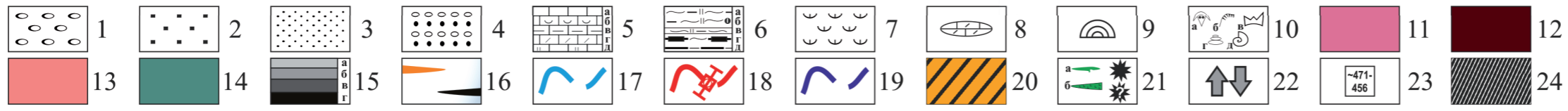
Палеонтология: 10 – органические остатки (а – трилобиты; б – граптолиты; в – конодонты; г – гастроподы; д – комплекс ископаемых организмов).

Преобладающая окраска осадочных пород: 11 – лиловая; 12 – красно-коричневая, темно-бурая; 13 – розовая; 14 – зеленая; 15 – оттенки серого (а – светло-серая; б – серая; в – темно-серая; г – черная); 16 – смешанная с железомарганцовистыми примазками.

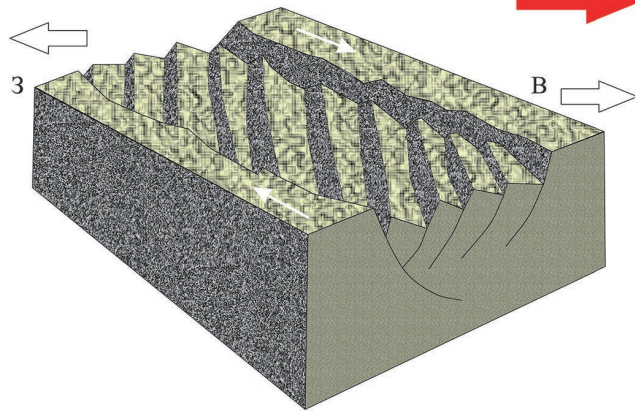
Дополнительные обозначения: 17 – кривая колебания уровня моря; 18 – кривая скорости накопления осадков с указанием рассчитанных интервалов; 19 – глубина палеобассейна; 20 – железомарганцевые руды (Mn 3,02-25,71%, Fe 12,83-48,05%); 21 – вулканическая деятельность (а – силлы долеритов; б – базальты); 22 – активизация опусканий/поднятий края шельфа; 23 – возрастные датировки, млн лет; 24 – бескислородная среда; ВЕП – Восточно-Европейская платформа.

Тип слоенакопления (ТС):  $M_{\Gamma}$  – миграционный; I – иньекционный;  $M_{\mu}$  – мутационный.

Стадии развития палеобассейна: I – рифтогенная; II – формирование пологого палеосклона; III – фазы окраинного моря: мелководье, континентальный склон, глубоководье; IV – деструкция части шельфа; V – фазы активизации континентальной окраины



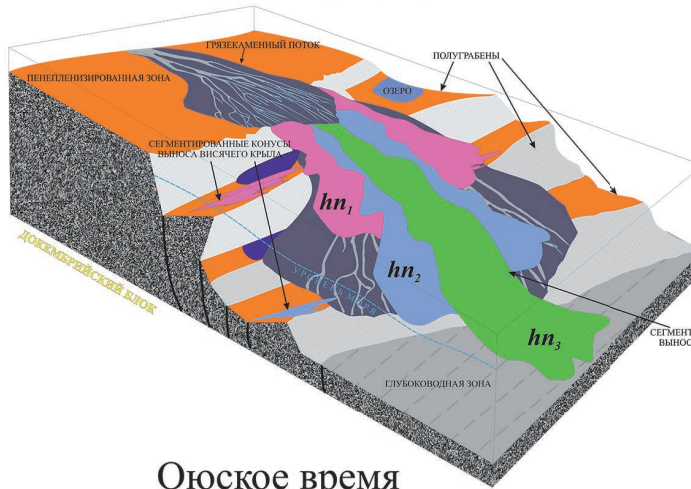
**Поздний кембрий**



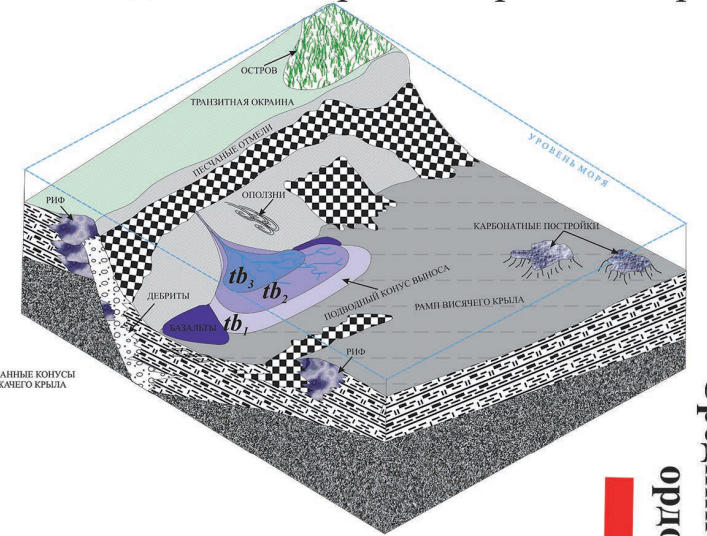
Модель неоднородного растяжения (по Beauchamp, 1988)

**Ранний ордовик**

**Хенгурское время**  
(юго-западный борт рифта)

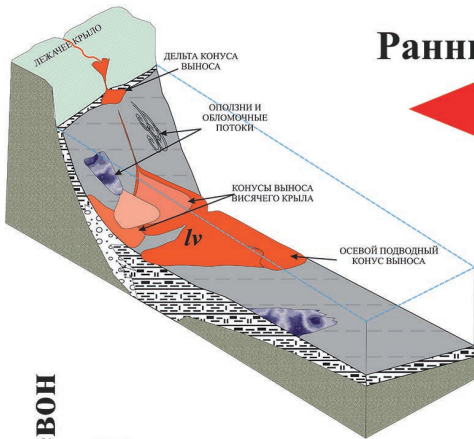


**Тальбейтывисское время**  
(юго-западная часть грабенообразного борта)



Средний - поздний ордовик

**Ливановское время**  
(юго-западное поднятие края шельфа)

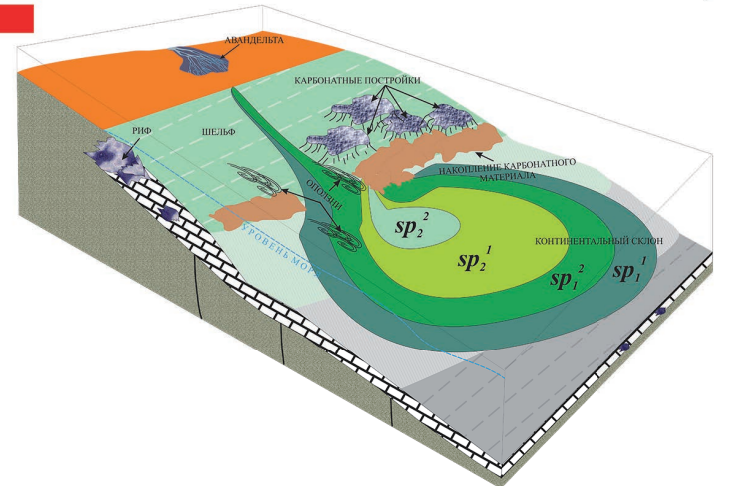


**Оюское время**  
(юго-западный континентальный склон Пай-Хойского моря)



**Силур**

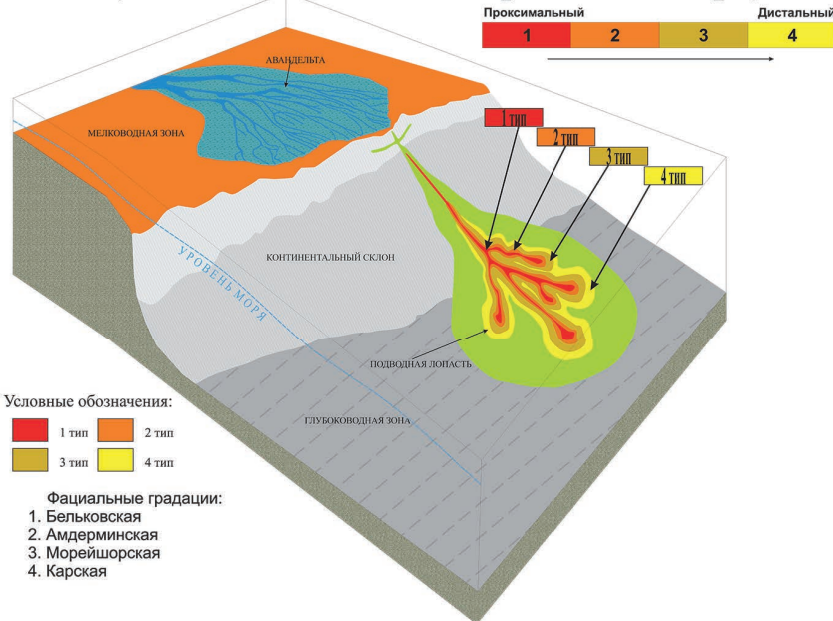
**Сопчинское время**  
(юго-западный пологонаклонный склон)



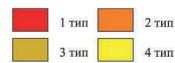
Средний девон

**Средний девон**

**Падейское время**  
(юго-западная часть окраинного моря)



Условные обозначения:



Фациальные градации:  
1. Бельковская  
2. Амдерминская  
3. Морейшорская  
4. Карская

**Модель осадконакопления в раннем и среднем палеозое (поздний кембрий – средний девон) Пайхойского палеобассейна**

Условные обозначения: *hn1* – нижнехенгурская подсвита; *hn2* – среднехенгурская подсвита; *hn3* – верхнехенгурская подсвита; *tb1* – нижняя градация тальбейтывисской свиты; *tb2* – средняя градация тальбейтывисской свиты; *tb3* – верхняя градация тальбейтывисской свиты; *sp<sub>1</sub><sup>1</sup>* – нижняя пачка нижнесопчинской подсвиты; *sp<sub>1</sub><sup>2</sup>* – верхняя пачка нижнесопчинской подсвиты; *sp<sub>2</sub><sup>1</sup>* – нижняя пачка верхнесопчинской подсвиты; *sp<sub>2</sub><sup>2</sup>* – верхняя пачка верхнесопчинской подсвиты; *os* – оюская свита; *lv* – ливановская свита; Цветные прямоугольники отражают градации и типы циклотем свит