

На правах рукописи



Брынько Инесса Валерьевна

**«Пермские отложения юго-восточной части Омолонского массива: изотопная  
хемотратиграфия, U-Pb датирование и геохимические особенности»**

Специальность: 25.00.01 Общая и региональная геология

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Магадан 2021

Работа выполнена в Северо-Восточном комплексном научно-исследовательском институте им. Н.А. Шило Дальневосточного отделения Российской академии наук (СВКНИИ ДВО РАН), г. Магадан.

- Научный руководитель:** **Бяков Александр Сергеевич,**  
доктор геолого-минералогических наук, доцент  
главный научный сотрудник,  
руководитель лаборатории региональной геологии и  
геофизики СВКНИИ ДВО РАН, г. Магадан.
- Официальные оппоненты:** **Тучкова Марианна Ивановна,**  
доктор геолого-минералогических наук,  
старший научный сотрудник,  
заведующий лабораторией геологии континентальных  
окраин Геологический институт РАН, г. Москва.
- Бондаренко Лиана Григорьевна,**  
кандидат геолого-минералогических наук  
старший научный сотрудник,  
лаборатории стратиграфии и палеонтологии  
Дальневосточный геологический институт  
ДВО РАН, г. Владивосток
- Ведущая организация:** ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский  
геологический институт им. А.П. Карпинского,  
г. Санкт-Петербург

Защита состоится 08 декабря 2021 года в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д 005.006.01 при ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН (ДВГИ ДВО РАН).

Адрес: 690022, г. Владивосток, проспект 100-летия Владивостоку, 159.

E-mail: elenavalper@yandex.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке ДВО РАН и на сайте ДВГИ ДВО РАН <http://www.fegi.ru>.

Автореферат разослан «    » октября 2021 года

Ученый секретарь диссертационного  
совета Д 005.006.01, к.г.-м.н.



Е.В. Перевозникова

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность исследования

Омолонский массив (микроконтинент) – главнейший тектонический элемент в структуре мезозойда Северо-Востока Азии. Пермские отложения массива входят в состав его чехла, характеризуются широким спектром фаций – от терригенных и глинистых до карбонатных и содержат многочисленные и разнообразные остатки фауны беспозвоночных. Именно поэтому Омолонский массив является стратотипической местностью для всех региональных стратонов пермской системы.

Однако, несмотря на многолетнее изучение пермских отложений массива, существует ряд нерешенных вопросов, среди которых, прежде всего, следует назвать недостаточную обоснованность корреляции подразделений Региональной стратиграфической шкалы (РСШ) с Общей (ОСШ) и Международной (МСШ) стратиграфическими шкалами. Это определено тем, что обоснование границ ярусов МСШ проводится преимущественно по конодонтам, остатки которых почти не известны в пермских отложениях Омолонского массива. Другая важная группа фауны – аммоноидеи, которая может быть использована для межрегиональной корреляции, характеризуется значительным эндемизмом и редкой встречаемостью. Кроме того, в большей части среднепермских и верхнепермских отложений остатки аммоноидей вообще не известны. Что касается корреляции РСШ с ОСШ, то, учитывая преимущественно континентальный характер отложений на Восточно-Европейской платформе, где установлены ее стратоны, проблема корреляции с ней стоит еще более остро (Бяков и др., 2017, 2020). Поэтому встает вопрос использования других (не биостратиграфических) инструментов для проведения межрегиональной корреляции и, в частности, современных методов изотопной хемотратиграфии и прецизионного U-Pb датирования цирконов из синхронных осадконакоплению туфов.

До работ автора Д. С. Кашиком и др. (1990) была проведена реконструкция особенностей пермского осадконакопления Омолонского бассейна традиционными методами (с использованием полевого изучения текстур пород, описанием шлифов, изучением элементной геохимии, а также минералов тяжелой фракции и определением соотношения Ca/Mg для выявления палеотемператур бассейна). В последнее время появился ряд новых геохимических методов, в частности, использование порообразующих, малых и редкоземельных элементов как индикаторов особенностей седиментогенеза. Также до сих пор остается дискуссионным вопрос о геодинамической природе Омолонского бассейна, что может быть решено, в том числе, и с применением методов современной геохимии, поэтому возникла необходимость их использования для выяснения этих вопросов.

### Цель исследования

Основными целями работы являются: уточнение корреляции РСШ перми Колымо-Омолонско-Чукотского региона со стратонами МСШ и реконструкция обстановок пермского осадконакопления юго-восточной части Омолонского бассейна на основе интерпретации геохимических, радиоизотопных и литологических данных.

### Научные задачи:

1. Уточнение возраста региональных стратонов перми на основе новых U-Pb SHRIMP-датировок цирконов из туфогенных пород.

2. Установление особенностей осадконакопления и проведение межрегиональных корреляций пермских отложений юго-восточной части Омолонского бассейна и на основании изучения изотопных характеристик  $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб.}}$  и  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ .

3. Реконструкция обстановок формирования и источников обломочного материала для пермских отложений Омолонского бассейна по результатам изучения их литолого-геохимических особенностей, ихнофоссилий, а также разновозрастных популяций детритовых цирконов.

### **Фактический материал и методы исследований**

Фактический материал, послуживший основой для диссертационной работы, был собран автором в 2014–2015 гг. в ходе полевых работ, проведенных в составе отряда СВКНИИ ДВО РАН в юго-восточной части Омолонского массива и его юго-восточном обрамлении. Объектами изучения стали четыре разреза пермских отложений, расположенные в бассейне р. Омолон (крупный правый приток р. Колыма), по рр. Мунугуджак, Русская-Омолонская и руч. Водопадный (басс. р. Гижига), а также по руч. Федоровский (басс. р. Парень) (рис. 1). В ходе полевых работ проводилось послейное описание разрезов с составлением стратиграфических колонок, сбор остатков фауны и ихнофоссилий и отбор образцов на различные виды исследований, в том числе для изготовления петрографических шлифов и изучения литохимии. Основное внимание было уделено отбору проб для изотопных исследований стронция, углерода и кислорода как из вмещающих карбонатов, так и из раковинного вещества брахиопод, а также поиску и опробованию туфогенных разностей пород для U-Pb SHRIMP-датирования цирконов.

В дальнейшем было изучено и проинтерпретировано:

1) около 200 петрографических шлифов: из алевролитов, песчаников, колымиевых известняков, туффитов, туфоалевролитов, диамиктитов. Петрографическое изучение проводилось с использованием поляризационного микроскопа Motic BA 300 Pol. Особое внимание уделялось образцам с примесью пирокластического материала, как наиболее перспективным для проведения U-Pb датирования;

2) 158 результатов химического анализа, проведенных рентгенофлуоресцентным методом (РФА) из глинистых и карбонатных разностей, а также включений в диамиктитах гижигинской свиты. Определение главных элементов пород осуществлялось рентгенофлуоресцентным методом в ЦКП СВКНИИ ДВО РАН на приборе СРМ-25 (спектрометр рентгеновский многоканальный). Для аналитического изучения отбирался наименее преобразованный материал;

3) 67 проб из глинистых и карбонатных разностей пород для исследования примесных элементов методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS). Изучение примесных элементов проводилось с использованием метода масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) в ЦИИ ФГУП «ВСЕГЕИ» на приборе Agilent 7700х и в Институте тектоники и геофизики ДВО РАН (г. Хабаровск) на приборе Elan 9000;

4) 35 образцов из всех стратиграфических интервалов на изотопное отношение  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  из раковин брахиопод (преимущественно спириферид хорошей сохранности): 7 – из разреза по р. Русская-Омолонская, 16 – из разреза по руч. Водопадный, 12 – из разреза по р. Мунугуджак. Определение соотношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в раковинах брахиопод было также выполнено в университете Лидса, Великобритания, на термоионизационном масс-спектрометре Triton. Кроме предварительной визуальной оценки, исключавшей

перекристаллизацию раковинного вещества, практически все образцы прошли термолюминесцентный тест-контроль, показавший полную пригодность почти всех образцов для аналитических исследований. Методом ICP-MS были измерены содержания Ca, Mg, Sr и Fe, показавшие очень высокие содержания Ca и очень низкие – Mg (Mg/Ca от 0.0011 до 0.0080), сравнимые с содержаниями этих элементов в раковинах современных моллюсков (Бяков и др., 2019);

5) 111 образцов на изотопные характеристики  $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб.}}$  и  $\delta^{18}\text{O}_{\text{карб.}}$  практически из всех стратиграфических интервалов: 45 – из разреза по р. Русская-Омолонская; 39 – из разреза по р. Мунугуджак, 27 – из разреза по руч. Федоровский. Образцы были отобраны как из вмещающих пород – колымиевых известняков, так и из раковин брахиопод. Определение соотношения  $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб.}}$  и  $\delta^{18}\text{O}_{\text{карб.}}$  было выполнено в университете Лидса (Великобритания) как из раковин брахиопод, так и из вмещающих пород – колымиевых известняков, визуально не подверженных вторичным изменениям (перекристаллизация, ожелезнение и т.д.). Для определения изотопного состава был использован комплекс аппаратуры корпорации Thermoelectron, включающий масс-спектрометр Delta V Advantage и установку Gas Bench II. Все полученные значения изотопов приводятся в промилле, относительно стандарта PDB;

6) четыре пробы цирконов, для которых методом SHRIMP-II было проведено U-Pb датирование (всего было отобрано 10 проб на датирование, но только в четырех обнаружены цирконы). Эти исследования проводились в ЦИИ ФГУП «ВСЕГЕИ» на ионном микрозонде SRHIMP-II по стандартной методике, изложенной в (Williams, 1998). Критерием отбора конкордантных дат служил диапазон дискордантности (D) от –10 до 10. Построение графика с конкордией выполнялось с использованием программы ISOPLOT/EX версии 3.75 (Ludwig, 2001).

### **Научная новизна**

Научной новизной работы являются результаты U-Pb датирования пермских отложений Омолонского массива, позволившие уточнить возраст стратонав РСШ в их стратотипах и их корреляцию с МСШ. Изучение изотопии стронция является пионерным не только для пермских отложений Омолонского массива, но для всех осадочных образований региона и сопредельных территорий.

Впервые проведена реконструкция условий и источников пермского осадконакопления Омолонского бассейна с использованием различных геохимических методов и анализа разновозрастных популяций детритовых цирконов, а также ихнофоссилий.

### **Защищаемые положения:**

1. Возраст нижней границы омолонского регионального надгоризонта на Омолонском массиве определен в  $275 \pm 2.5$  млн лет (U-Pb датирование цирконов из туфогенных разностей). Подтвержден кепитенский возраст гижигинского горизонта ( $265 \pm 3$  млн лет), что согласуется с ранее сделанными палеонтологическими оценками и с прецизионным датированием методом CA-ID-TIMS в Аян-Юряхском и Охотском бассейнах.

2. Вариации  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  по разрезу пермских отложений Северо-Востока Азии демонстрируют хорошую корреляцию с известным мировым трендом этого соотношения. Для отложений гижигинского горизонта (кепитенский век) установлены два минимума  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , аналоги которых фиксируются и в экваториальных палеобассейнах.

3. Анализ петрографических, геохимических и изотопных данных свидетельствует, что обломочный материал в Омолонский бассейн поступал из трех основных источников вещества: пермской Охотско-Тайгоносской вулканической дуги, докембрийского фундамента Омолонского массива и девонских вулканитов кедонской серии.

### **Теоретическая и практическая значимость**

Показано, что методы изотопной хеомстратиграфии и U-Pb изотопного датирования могут быть использованы для корреляции пермских отложений РСШ и МСШ.

Примененный комплексный подход к изучению пермских пород Омолонского массива может быть использован для аналогичных исследований в близких по строению и истории развития регионах.

Проведенные исследования имеют и прикладное значение. Использование современных методов хеомстратиграфии:  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ,  $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб.}}$ , и U-Pb SHRIMP-II датирования цирконов из осадочных образований позволяет провести корреляцию между стратонами МСШ и РСШ. Полученные результаты могут быть применены для дальнейшего совершенствования РСШ Колымо-Омолон-Чукотского региона, а также в геологической практике при проведении разномасштабных работ по региональному изучению недр.

**Личный вклад.** Основная часть исследований проводилась при непосредственном участии автора. Фактический материал, послуживший основой для диссертационной работы, был собран автором в 2014–2015 гг. в ходе полевых работ, проведенных в составе отряда СВКНИИ ДВО РАН в юго-восточной части Омолонского массива и его юго-восточном обрамлении в рамках работ по доизучению разрезов перми для составления листа Р-58 Государственной геологической карты м-ба 1:10000000 третьего поколения. В ходе полевых работ проводилось послойное описание разрезов, отбор образцов для изготовления шлифов и изучения литохимии. Основное внимание было уделено отбору проб для изотопных исследований стронция, углерода и кислорода как из вмещающих карбонатов, так и из раковинного вещества брахиопод, а также поиску и опробованию туфогенных разностей пород для U-Pb SHRIMP-датирования цирконов. Автором самостоятельно проведено петрографическое описание шлифов, интерпретация геохимических данных с построением необходимых диаграмм. Автор также принимала участие в обработке и интерпретации результатов изотопных исследований.

### **Апробация работы и публикации**

Результаты исследований были доложены на Международном конгрессе по карбону и перми (2019 г., Германия, Кёльн), на Международной молодежной стратиграфической конференции Головкинского (2020 г., Россия, Казань); всероссийских конференциях – «Верхний палеозой России» (2017, 2019 г., Казань, Россия), «Чтениях памяти академика Симаква» (2015, 2017 г., Магадан, Россия), III Всероссийской конференции, посвященной памяти А. П. Васьковского (2016 г., Магадан, Россия), региональных конференциях – «Научная молодежь – Северо-Востоку России» (2016, 2018, 2020 г., Магадан, Россия), «Идеи... гипотезы... поиск...» (2015, 2016, 2018 г., Магадан, Россия), форуме «Наука Северо-Востока России: фундаментальные и прикладные исследования в Северной Пацифике и Арктике» (2020 г., Магадан, Россия).

По теме диссертации подготовлены и опубликованы 7 статей в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК.



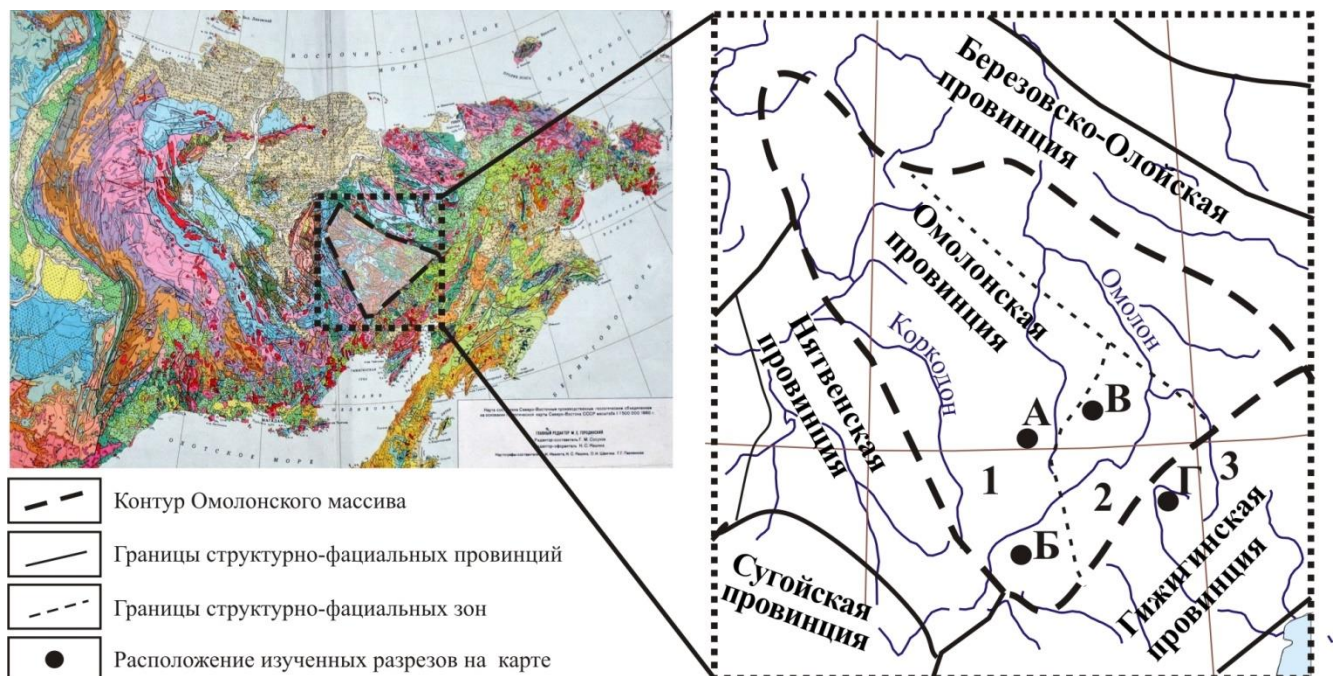
**Благодарности.** Автор выражает глубокую признательность научному руководителю д. г.-м. н. А. С. Бякову за общее руководство и терпение, приобретенные мною знания, поддержку при написании диссертационной работы на всех ее этапах. Выражаю искреннюю благодарность И. Л. Ведерникову за ценные консультации, замечания и помощь при проведении полевых работ и Д. Бонду (Университет Халла, Великобритания) за частичное финансирование полевых работ и изотопных анализов на Sr, С и О. За критические замечания и консультации автор благодарит д. г.-м. н. В. В. Акинина, д. г.-м. н. А. С. Алексеева, к. г.-м. н. В. Г. Ганелина, д. г.-м. н. И. Л. Жуланову, д. г.-м. н. Ю. Д. Захарова, к. г.-м. н. Т. И. Михалицыну, Г. О. Ползуненкова, к.г. - м.н. Т. В. Филимонову.

Работы по теме диссертации проводились при финансовой поддержке РФФИ проекты (№ 14-05-00217; 15-55-10007; 17-05-00109; 20-05-00604), в которых соискатель участвовал в качестве исполнителя, а также Молодежного гранта губернатора Магаданской области в 2019 г.

### Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы. Работа объемом 133 страницы, включает в себя 58 рисунков, 6 таблиц. Список литературы содержит 168 источников.

Во **Введении** дается обоснование актуальности исследований, указаны цели и задачи работы; приведены объем фактического материала, объекты и методы исследований, теоретическая и практическая значимость; определены основные защищаемые положения.



**Рис. 1.** Положение района работ на геологической карте Северо-Востока СССР. М. 1:1 500 000 (Городинский и др., 1980) и расположение изученных разрезов перми на Омолонском массиве и его юго-восточном обрамлении. 1,2 – структурно-фациальные зоны Омолонской провинции: 1 – Юкагирская зона, 2 – Ауланджинская зона, 3 – Пареньская структурно-фациальная зона Гижигинской провинции. Изученные разрезы: А – разрез по р. Русская-Омолонская, Б – разрез по руч. Водопадный, В – разрез по р. Мунугуджак, Г – разрез по руч. Федоровский. Границы структурно-фациальных провинций и зон даны по (Решения 3-го..., 2009).

В главе 1 «Очерк истории изучения пермских отложений Омолонского массива» дается краткое изложение истории изучения пермских отложений Омолонского массива.

В главе 2 «Стратиграфия и литология» приводится краткое изложение современной стратиграфической схемы перми Северо-Востока Азии с характеристикой региональных стратонів Колымо-Омолон-Чукотского региона (рис. 2). Дано описание изученных разрезов пермских отложений по рр. Мунугуджак, Русская-Омолонская (парастратотипический разрез РСШ), руч. Водопадный (стратотипический разрез РСШ), Федоровский и петрографическое описание основных литологических типов пород: песчаников, алевролитов, туфоалевролитов, туффитов, диамиктитов и колымиевых известняков. Во всех отложениях вышеупомянутых разрезов характерно то или иное количество туфовой примеси и довольно часто встречаются остатки ископаемой фауны. Перечислены и охарактеризованы некоторые ихнофоссилии, имеющие значение для интерпретации обстановок осадконакопления.

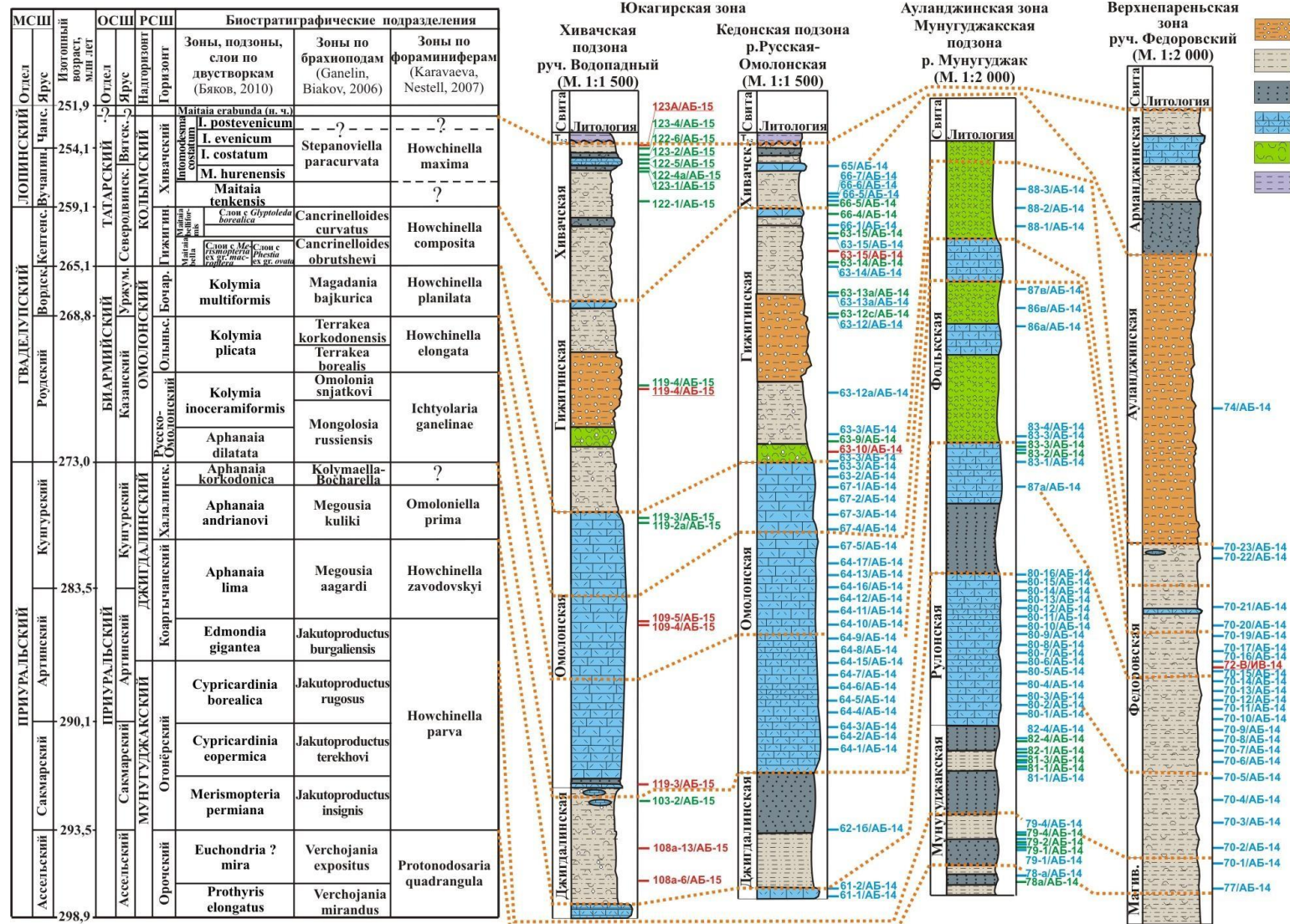
В главе 3 «Изотопия стронция, углерода и кислорода» изложены результаты изучения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ,  $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб.}}$  и  $\delta^{18}\text{O}_{\text{карб.}}$  в разрезах пермских отложений на Омолонском массиве. Подтвержден мировой кемптенский стронциевый минимум и построена кривая распределения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  по разрезу, которая обнаруживает хорошее сходство с мировым изотопным трендом стронциевого соотношения (Korte, Ullman 2018; McArthur et al., 2020). Стронциевая изотопная хемотратиграфия в ряде случаев позволила уточнить корреляцию РСШ и МСШ.

Приведены результаты по вариациям  $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб.}}$  в колымиевых известняках и раковинах брахиопод и их сравнение с определениями  $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб.}}$  из раковин брахиопод и двусторчатых моллюсков (Бяков, 2010; Zakharov et al., 2005, 2008, 2009). Кривая вариаций  $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб.}}$  по разрезу показывает низкие значения в нижне- и верхнепермских терригенных отложениях и высокие – в колымиевых известняках средней перми. Величины  $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб.}}$  использованы при интерпретации условий осадконакопления пермских карбонатных отложений в Омолонском бассейне. Уточнен региональный тренд изменения  $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб.}}$ , ранее полученный как по биогенным карбонатам (преимущественно по раковинам брахиопод), так и по вмещающим известнякам и дано его сравнение с аналогичными трендами бассейнов надобласти Тетис (США, Китай) (Grossman et al., 2008; Buggisch et al., 2011). Такой тренд в наиболее полном виде установлен впервые для Бореальных бассейнов. Полученные величины  $\delta^{18}\text{O}_{\text{карб.}}$  имеют аномально низкие значения, которые, вероятно, связаны с диагенетическими изменениями. Приведено обоснование второго защищаемого положения.

В главе 4 «U-Pb возраст обломочных цирконов из туфогенных отложений» приведены результаты U-Pb SHRIMP-II датирования цирконов из четырех образцов туфовых разностей пород. Их изучение позволило впервые датировать нижнюю границу омолонского регионального надгоризонта (роудский ярус), для которой получено два определения:  $275 \pm 2.5$  и  $275 \pm 2$  млн лет. Подтвержден кемптенский возраст гижигинского горизонта (получены две датировки:  $265 \pm 3$  и  $266 \pm 2$  млн лет). Обсуждаются источники сноса для детритовых цирконов. Приведено обоснование первого и частично третьего защищаемых положений.

В главе 5 «Петрохимическая характеристика отложений» приведены результаты геохимического изучения главных и примесных элементов как для терригенных отложений, так и для карбонатных. В рамках данного исследования был уточнен вещественный состав терригенных отложений; реконструированы условия осадконакопления (климат, палеосоленость, окислительно-восстановительные условия); выделены три основных источника сноса материала в Омолонский бассейн; проинтерпретированы палеогеодинамические обстановки формирования бассейна. Приведено обоснование третьего защищаемого положения.





**Рис. 2.** Региональная стратиграфическая шкала перми и корреляция изученных разрезов юго-восточной части Омолонского массива и его юго-восточного обрамления. 1 – диамиктиты, 2 – алевролиты, 3 – песчаники, 4 – колымиевые известняки, 5 – туффииты, 6 – отложения триасового возраста. Красным цветом показаны пробы на U-Pb датирование цирконов (подчеркнуты датированные пробы), зеленым – на исследования изотопного состава стронция, синим – на изотопные исследования углерода и кислорода. Составлено с использованием (Ганелин, 1984; Ganelin, Biakov, 2006; Karavaeva, Nestell, 2007; Решения 3-го... , 2009; Бяков, 2010; Бяков и др., 2020).

В главе 6 «Обстановки осадконакопления и палеогеография» на основании полученных литологических, палеонтологических и геохимических данных дан краткий обзор палеогеографических и палеогеодинамических обстановок осадконакопления в течение перми, выделены основные этапы пермского осадконакопления (мунугуджакский, джигдалинский, омонский, гижигинский, хивачский) в центральной и юго-восточной части Омонского бассейна. Частично приведено обоснование третьего защищаемого положения.

В **Заключении** сделаны краткие выводы по работе.

### **Обоснование защищаемых положений**

**Положение 1.** Возраст нижней границы омонского регионального надгоризонта на Омонском массиве определен в  $275 \pm 2.5$  млн лет (U-Pb датирование цирконов из туфогенных разностей). Подтвержден кепитенский возраст гижигинского горизонта ( $265 \pm 3$  млн лет), что согласуется с ранее сделанными палеонтологическими оценками и с прецизионным датированием методом CA-ID-TIMS в Аян-Юрхском и Охотском бассейнах.

В целях уточнения возраста региональных стратонов с разных стратиграфических уровней (рис. 2) нами были отобраны десять проб литифицированных и рыхлых (бентонитовых) туфов для выделения и последующего U-Pb датирования методом SHRIMP-II цирконов, синхронных осадконакоплению. Цирконы, пригодные для датирования, удалось выделить лишь в четырех пробах из разрезов р. Русская-Омонская, руч. Водопадный и руч. Федоровский: две пробы из нижней части омонского надгоризонта и две пробы из гижигинского горизонта. Все разрезы, в которых отобраны датированные образцы, хорошо охарактеризованы ископаемой фауной аммоноидей, брахиопод и двустворчатых моллюсков.

Образец 72-В/ИБ-14 отобран из средней части федоровской свиты в разрезе по руч. Федоровский (рис. 2) (юго-восточное обрамление Омонского массива) и представлен туффитом. Из него было выделено 7 цирконов, имеющих возрастной диапазон от  $372 \pm 5.6$  до  $272.6 \pm 3$  млн лет. Пермская популяция (6 зерен) формируют U-Pb конкордантную дату  $275 \pm 2.5$  млн лет (СКВО = 0.23, вероятность конкордантности 0.63) (рис. 3), что соответствует низам роудского яруса (Permofiles, 2020).

Образец 119-3/АБ-15 был отобран из верхней части джигдалинской свиты (основание омонского надгоризонта) в разрезе по руч. Водопадный (рис. 2) и представлен прослоем бентонитовых глин. Из него было выделено 9 зерен пермских цирконов со средневзвешенным конкордантным возрастом  $275.2 \pm 2$  млн лет (СКВО = 0.0032, вероятность конкордантности 0.96) (рис. 3), что соответствует верхам кунгурского яруса (Permofiles, 2020). Однако, согласно недавно полученным материалам с использованием высокоточного CA-ID-TIMS метода датирования (Davydov et al., 2018), предполагается более древний возраст нижней границы роудского яруса – 277 млн лет. Таким образом наши определения, с учетом ошибки, хорошо согласуются с этими новыми данными (Davydov et al., 2018).

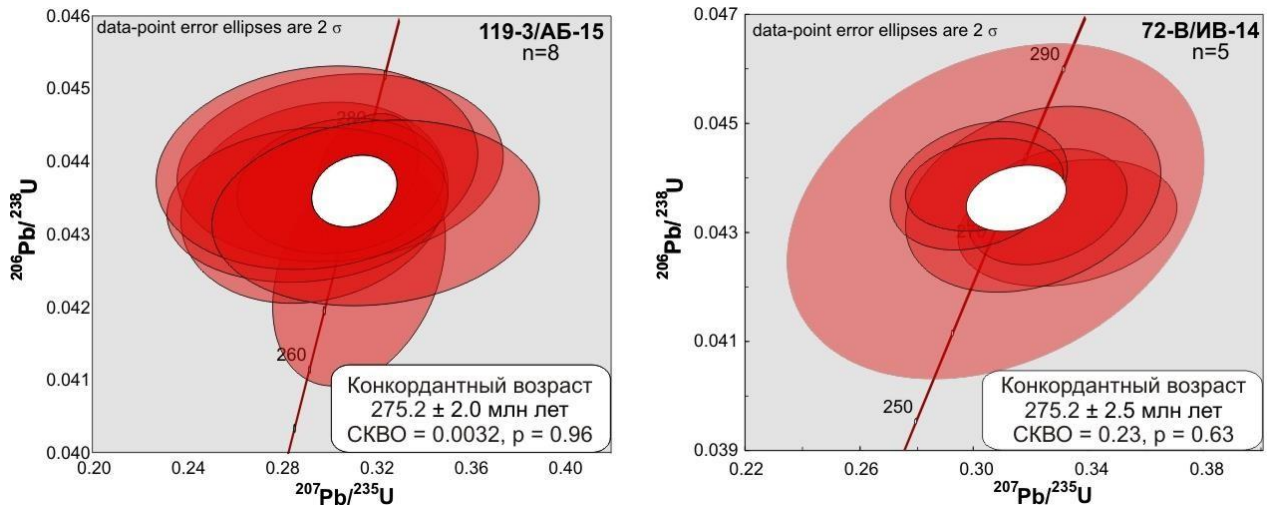


Рис. 3. Диаграмма Тера-Вассербурга наиболее молодых популяций цирконов 72-В/ІВ-14 и 119-3/АБ-15.

Два других образца происходят из гижигинской свиты и одноименного горизонта Омогонского массива.

Образец 63-10/АБ-14 был отобран из нижней части свиты в разрезе по р. Русская-Омогонская (рис. 2) и представлен туффилом. В образце датировано 10 цирконов, которые можно разделить на три группы по  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  датам: первая (докембрийская), представленная 4 зернами в возрастном диапазоне от  $2656 \pm 14$  до  $1845 \pm 14$  млн лет. Вторая группа – каменноугольная, представленная двумя зернами с возрастными  $325 \pm 2.2$  и  $324 \pm 2.9$  млн лет, третья группа – пермская, включающая в себя 4 зерна в возрастном диапазоне от  $287.7 \pm 2.5$  до  $265 \pm 1.5$  млн лет. Зерна из пермской популяции формируют кластер со средневзвешенным возрастом  $266 \pm 2$  млн лет (рис. 4, А) при величине СКВО=0.98 и вероятности конкордантности 0.40. Полученный результат, с учетом ошибки, соответствует нижней границе кемптенского яруса (Permofiles, 2020). Самая молодая датировка  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  составляет  $265 \pm 1.5$  млн лет, что, с учетом ошибки, примерно определяет нижнюю границу кемптенского яруса и хорошо согласуется со стратиграфическим положением образца в низах гижигинской свиты (Брынько и др., 2021).

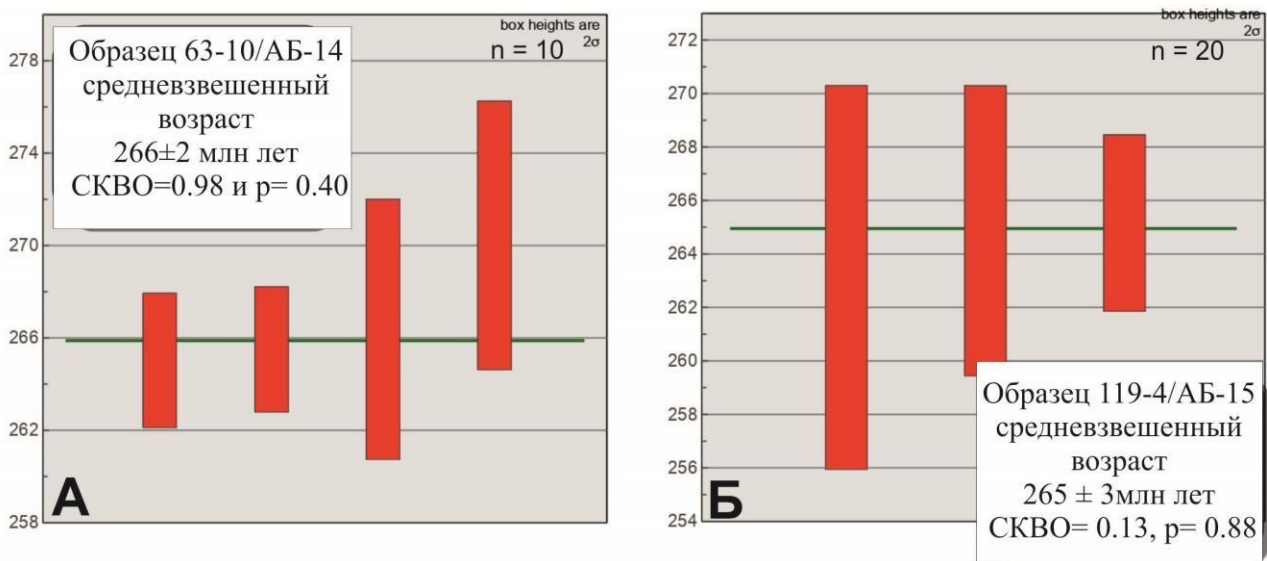


Рис. 4. Оценка средневзвешенных возрастов наиболее молодых популяций цирконов из образца 63-10/АБ-14, нижняя часть гижигинской свиты (А) и образца 119-4/АБ-15, средняя часть гижигинской свиты (Б).

Образец 119-4/АБ-15 отобран из средней части гижигинской свиты в разрезе по руч. Водопадный (рис. 2) и представлен диамиктитом. Из диамиктита выделено 20 зерен

цирконов, в трех из них даты дискордантны и в дальнейшем обсуждении не участвуют. Остальные изученные зерна можно разделить на две группы: первая (допермская) представлена пятью зернами. Четыре из них имеют возраст от  $2332 \pm 11$  до  $1805 \pm 25$  млн лет и одно зерно каменноугольного возраста ( $334 \pm 1.8$  млн лет). Вторая группа (12 зерен) представлена пермской популяцией с возрастным интервалом от  $284.2 \pm 1.5$  до  $263.2 \pm 3.7$  млн лет. Оценка средневзвешенного  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  возраста проведена по трем самым молодым цирконам (рис. 4, Б) и составляет  $265 \pm 3$  млн лет (СКВО= 0.13, и вероятности конкордантности 0.88) и, с учетом ошибки, указывает на диапазон от средней части вордского до верхней части кепитенского яруса. Самое молодое зерно датированной пермской популяции имеет возраст  $263.2 \pm 3.7$  млн лет, что соответствует средней части кепитенского яруса МСШ и хорошо согласуется со стратиграфическим положением датированного образца (Брынько и др., 2021).

**Положение 2. Вариации  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  по разрезу пермских отложений Северо-Востока Азии обнаруживают хорошую корреляцию с известным мировым трендом этого соотношения. Для отложений гижигинского горизонта (кепитенский век) установлены два минимума  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , аналоги которых фиксируются и в экваториальных палеобассейнах.**

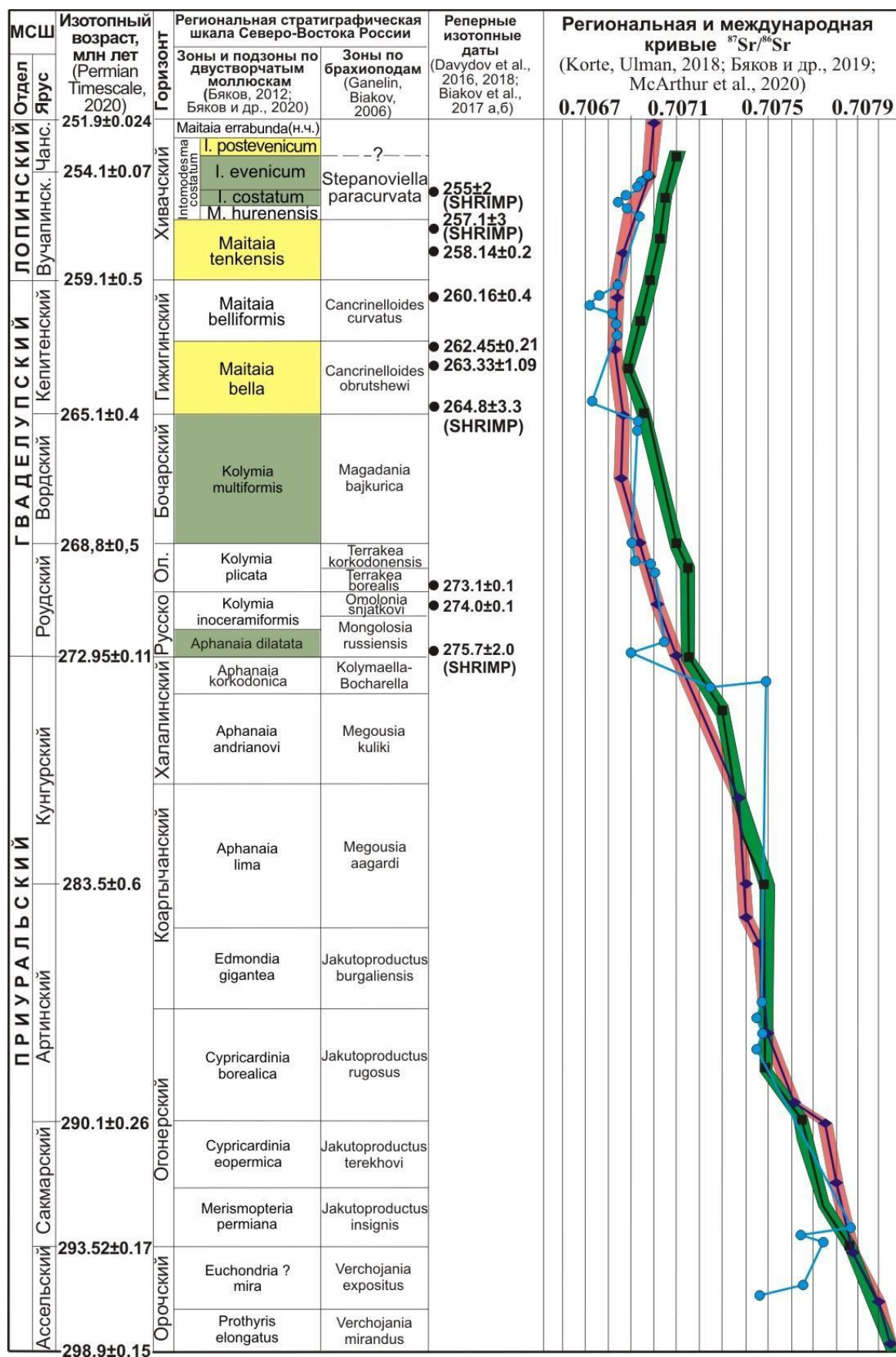
В последние годы стронциевая хемотратиграфия все шире используется для решения широкого круга стратиграфических и палеогеографических задач (Korte et al., 2006; Korte, Ullmann, 2018). Этот метод основан на анализе долговременных вариаций изотопного состава стронция в палеоокеанах и морях. Фактическим материалом для метода могут служить как вмещающие карбонатные отложения, так и раковины беспозвоночных, из которых наиболее информативными являются брахиоподы и конодонты (Кузнецов и др., 2018). Данные по хемотратиграфии стронция позволяют коррелировать палеозойские отложения с точностью до первых миллионов лет (Кузнецов и др., 2018), что сопоставимо с разрешающей способностью биостратиграфического метода.

Считается, что существуют только два основных источника стронция в океанической воде: речной сток, поставляющий тяжелый сиалический стронций, и океанические базальты, являющиеся источником облегченного фемического стронция (Виноградов, 2009; Кузнецов и др., 2018).

Для пермских отложений Северо-Востока Азии изучение стронциевого соотношения проводилось впервые. Всего было изучено 35 образцов раковин брахиопод, почти исключительно спириферид – представителей родов *Penzhinaella*, *Neospirifer* и *Tumarinia*, хорошей сохранности (с неперекристаллизованным раковинным веществом) из трех разрезов Омолонского бассейна (рр. Мунугуджак, Русская-Омолонская, руч. Водопадный). В большинстве образцов перед изотопным анализом были измерены методом ICP–MS содержания Ca, Mg, Sr и Fe, показавшие очень высокие содержания Ca и очень низкие – Mg (Mg/Ca от 0.0011 до 0.0080), сравнимые с содержаниями этих элементов в раковинах современных моллюсков. Еще одним доказательством неизменности раковин брахиопод является термолюминесцентный контроль изучаемых образцов. Все эти исследования свидетельствуют об отсутствии диагенетических изменений в раковинах брахиопод.

Пермский период был временем, когда соотношение  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  испытывало значительные вариации, и поэтому его изучение может быть весьма информативным (Korte, Ullman, 2016). В нижней перми (ассельский – кунгурский века) эти значения варьировали в





**Рис. 5.** Региональные и глобальная кривые вариаций  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  и их сопоставление с Международной и Региональной стратиграфическими шкалами перми. 1 – Международная кривая  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  соотношения (Korte, Ullman, 2018); 2 – Международная кривая  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  соотношения (McArthur et al., 2020); 3 – Региональная кривая  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  соотношения, построенная по нашим данным.

пределах от 0.706900 до 0.707868 (рис. 5), стабильно понижаясь к средней перми. Среднепермские (роудско-вордские) значения характеризуются устойчивыми значениями от 0.706900 до 0.707010. В конце средней верхней перми (кепитенско-чансинское время) это соотношение сначала понизилось до 0.706707, что является минимальным вычисленным нами соотношением  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  а затем постепенно повысилось до 0.70710 в нижнем чансине (Бяков и др., 2019).

В целом полученная нами кривая  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (рис. 5) достаточно хорошо соответствует мировому тренду стронциевого соотношения (Korte, Ullman, 2018; McArthur et al., 2020).

Максимальное соотношение  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  составляет 0.707842, что соответствует нижней части сакмарского яруса МСШ и хорошо согласуется с мировыми данными (Korte, Ullman, 2018; McArthur et al., 2020) (рис. 5). Минимальное вычисленное нами соотношение соответствует верхнекепитенскому стронциевому минимуму и хорошо согласуется со стратиграфическим положением образца в верхней части гижигинского регионального горизонта. Еще одно экстремально низкое значение (0.706709) зафиксировано нами в самом начале кепитена и может коррелироваться с аналогичным минимумом, установленным в Японии (Kani et al., 2013, 2018).

Пониженные значения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в кепитенском веке, вероятно, связаны с поступлением в океан значительных количеств облегченного фемического стронция в связи с резким усилением процессов рифтогенеза по периферии Омолонского бассейна и, в частности, с существенным расширением Оймяконского бассейна и океана Ангаючам (Бяков и др., 2005, 2019).

**Положение 3.** На основании анализа петрографических, геохимических и изотопных данных показано, что обломочный материал в Омолонский бассейн поступал из трех основных источников: пермской Охотско-Тайгоносской вулканической дуги, докембрийского фундамента массива и девонских вулканитов кедонской серии.

Пермские отложения формировались в Омолонском седиментационном бассейне, который был классифицирован в работе (Бяков и др., 2005) как относительно мелководное малое эпиконтинентальное море. Важным является вопрос определения источников поступления осадочного материала в этот бассейн.

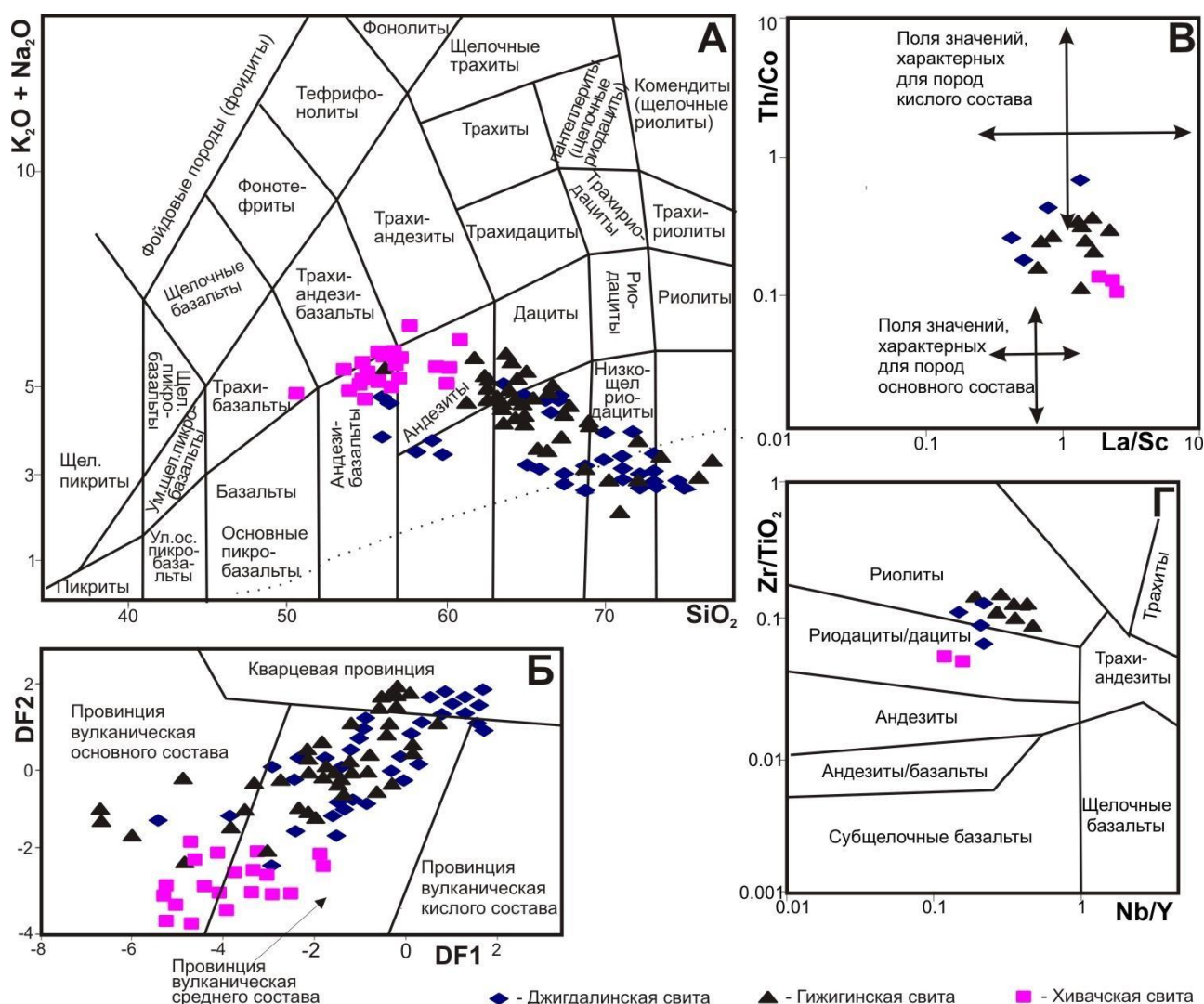
Для определения состава материнских пород питающих провинций нами были выбраны следующие дискриминантные диаграммы:  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$  (Le Maitre, 1989) и DF1-DF2 (Roser, Korsch, 1988),  $\text{Nb/Y} - \text{Zr/TiO}_2$  (Cullers, 2002),  $\text{La/Sc} - \text{Th/Co}$  (Winchester, Floyd, 1977) (рис. 6). Распределение фигуративных точек показало изменение состава пород питающих провинций в течение перми: для отложений джигдалиской свиты источником сноса являлись породы кислого состава, в меньшей степени среднего; для гижигинской свиты – преимущественно среднего состава; и для пород хивачской свиты – более основного состава, чем у выше описанных пород.

Для уточнения состава галечно-гравийных включений, представленных вулканитами, из диамиктитов гижигинской свиты было изучено 18 образцов из разрезов по р. Русская-Омолонская, руч. Водопадный, руч. Федоровский. По классификации  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$  (Le Maitre, 1989) изученные включения относятся к щелочным пикробазальтам, щелочным базальтам, трахиандезибазальтам, трахиандезитам, андезитам. В целом вулканиты обладают схожими геохимическими характеристиками: по содержанию калия преимущественно



относятся к породам умеренно-щелочного типа, имеют достаточно высокое количество  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – от 15.16 до 19.80 %, сумма щелочей – от 2.02 до 7.03 %, что характерно для вулканических пород известково-щелочной серии. Такие породы широко распространены в современных островных дугах, на активных континентальных окраинах андийского и калифорнийского типов и их древних аналогах (Скляр и др., 2001).

Согласно петрографическим данным (глава 2) обломочный материал, поступавший в Омолонский бассейн, имеет плохую окатанность, не претерпел длительной транспортировки и существенных изменений при переносе и накоплении, что может говорить о близком источнике сноса, вероятно, в пределах самого Омолонского массива. В шлифах всех пород изучаемых разрезов нами были обнаружены пепловые рогульки, что указывает на проявления вулканизма в пермское время. Еще одним подтверждением вулканической деятельности Охотско-Тайгоносской вулканической дуги является наличие прослоев бентонитов с синхронными и субсинхронными цирконами (глава 4).



**Рис. 6.** Положение фигуративных точек пород джигдалинской, гижигинской и хивачской свит на дискриминантных диаграммах: А – Le-Maitre, 1989; Б – Roser, Korsch, 1988; DF1 – DF2, где  $\text{DF1} = 30.6038\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 - 2.541\text{FeO}_{\text{tot}}/\text{Al}_2\text{O}_3 + 7.329\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3 + 12.031\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 + 35.42\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 - 6.382$ ;  $\text{DF2} = 56.500\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 - 10.879\text{FeO}_{\text{tot}}/\text{Al}_2\text{O}_3 + 30.875\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3 - 5.404\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 + 11.112\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 - 3.89$ ; В – Winchester, Floyd, 1977; Г – Cullers, 2002.

Несмотря на то, что количество детритовых цирконов в изученных образцах невелико, мы можем отметить, что в трех (из четырех) образцов (72-В/ИБ-14, 63-10/АБ-14 и 119-4/АБ-15) наряду с пермской популяцией присутствуют неоархейские, палеопротерозойские, верхнедевонские, нижнекаменноугольные и ниже-среднепермские зерна цирконов.

Приведенные исследования позволяют предполагать, что было несколько источников сноса обломочного материала в осадочный бассейн. Так, для отложений джигдалинской свиты основным источником скорее всего была кедонская серия кислых и средних вулканитов, к которой примешивался пирокластический и вулканокластический материал с гипотетической Охотско-Тайгоносской вулканической дуги. Отложения гижигинской свиты имели следующие источники кластики: докембрийские метаморфические породы выходов фундамента Омолонского массива, каменноугольные интрузии (Акинин и др., 2020), пирокластический и вулканокластический материал Охотско-Тайгоносской вулканической дуги. В позднехивачское время в бассейн поступали лишь продукты размыва этой дуги, без пирокластического материала, что, по-видимому, свидетельствует о затухании активности Охотско-Тайгоносской вулканической дуги (Biakov, Shi, 2010).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований получены следующие основные результаты.

Изучение цирконов из туфогенных разностей пород позволило впервые датировать нижнюю границу омолонского надгоризонта, возраст которой определен как  $275 \pm 2.5$  млн лет. Подтвержден кепитенский возраст гижигинского горизонта ( $265 \pm 3$  млн лет), ранее установленный как палеонтологически (Ganelin, Biakov, 2006), так и с использованием метода CA-ID-TIMS в Аян-Юряхском и Охотском бассейнах (Davydov et al., 2016, 2018).

Впервые не только для перми Омолонского массива, но и для всех высокобореальных регионов в целом построена региональная кривая вариаций  $^{86}\text{Sr}/^{87}\text{Sr}$  по данным изучения раковин брахиопод хорошей сохранности, которая в целом повторяет международную стронциевую кривую (Korte, Ullman, 2018; McArthur et al., 2020). Эта кривая позволяет использовать ее для целей корреляции МСШ и РСШ.

Уточнен региональный тренд вариаций изотопного состава углерода, полученный как по биогенным карбонатам (преимущественно раковин брахиопод), так и по вмещающим известнякам. Этот тренд в целом совпадает с результатами, полученными для разных бассейнов надобласти Тетис (США, Китай) (рис. 6) (Korte et al., 2005; Grossman et al., 2008; Buggisch et al., 2011), отличаясь несколько пониженными значениями для раковин брахиопод, а для колымиевых известняков – повышенными. Этот региональный тренд впервые установлен для бассейнов Бореальной надобласти.

По литологическим, геохимическим и ихнофаціальным данным уточнены особенности осадконакопления в Омолонском бассейне. В пермское время он был относительно изолированным, мелководным (неритовая зона) и имел нормальную соленость. Обломочный материал поступал из трех основных источников сноса: пермской Охотско-Тайгоносской вулканической дуги (откуда происходит синхронный пирокластический материал), докембрийского метаморфического фундамента и вулканитов кедонской серии.

Подтверждена точка зрения В.Г. Ганелина (2013) о бактериальной (микробиальной) природе колымиевых известняков, формировавшихся в Омолонском бассейне в перми.

**Список публикаций автора по теме диссертации:**

*Статьи в изданиях, рекомендуемых ВАК:*

1. **Брынько И.В.** Пермь юго-восточной части Омолонского массива и его обрамления (Северо-Восток России): история изучения, современное состояние стратиграфии и литологии, задачи исследований // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2017. – № 4. – С. 3–12.
2. Бяков А.С., Горячев Н.А., Ведерников И.Л., **Брынько И.В.**, Толмачева Е.В. Новые результаты U-Pb-SHRIMP-датирования цирконов из верхневучапинских (верхняя пермь) отложений Северо-Востока России // ДАН. – 2017. – Т. 477, № 3. – С. 331–336.
3. **Брынько И.В.**, Ведерников И.Л. Пермские ихнофоссилии юго-восточной части Омолонского массива (Северо-Восток Азии) // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2018. – № 2. – С. 76–82.
4. Бяков А.С., Кутыгин Р.В., Горячев Н.А., Бурнатный С.С., Наумов А.Н., Ядренкин А.В., Ведерников И.Л., Третьяков М.Ф., **Брынько И.В.** Открытие позднечансинского комплекса двустворок и два эпизода вымирания фауны в конце перми на Северо-Востоке Азии // ДАН. – 2018. – № 480, № 1. – С. 121–124.
5. Бяков А.С., **Брынько И.В.**, Бонд Д., Харвей Д., Горячев Н.А., Ведерников И.Л., Филимонова Т.В. Новые минимальные значения отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в биогенных карбонатах перми Омолонского массива (Северо-Восток Азии) // ДАН. – 2019. – Т. 488, № 4. – С. 397–402.
6. Бяков А.С., Ведерников И.Л., **Брынько И.В.** На пути совершенствования региональной стратиграфической шкалы перми Северо-Востока России: результаты и достижения последних лет // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2020. – № 1. – С. 47–56.
7. **Брынько И.В.**, Ползуненков Г.О., Бяков А.С., Ведерников И.Л. Первые результаты U-Pb SHRIMP-датирования цирконов из кепитенских (средняя пермь) отложений Омолонского массива (Северо-Восток России) // Тихоокеанская геология. – 2021. – Т. 40, № 1. – С. 77–86.

*Сборники научных трудов и материалы конференций::*

1. Ведерников И.Л., **Брынько И.В.**, Бяков А.С. Ихнофоссилии и бактериальные маты в пермских разрезах Северо-Востока Азии // Современные проблемы палеонтологии LXI сессия палеонтологического общества, г. Санкт-Петербург. – 2015. – С. 21–23.
2. **Брынько И.В.** Литология и стратиграфия пермских отложений юго-восточного обрамления Омолонского массива (новые данные) // Вестник СВГУ. – 2015. – № 24. – С. 58–61.
3. Бяков А.С., Ганелин В.Г., Филимонова Т.В., Бонд Д.П.Г., Ведерников И.Л., **Брынько И.В.** Новые данные по изотопному составу ( $d^{13}\text{C}$ ) карбонатов нижней и средней перми Омолонского массива (Северо-Восток Азии) // Чтения памяти академика К.В. Симакова: Материалы докладов Всероссийской научной конференции (Магадан, 24–25 ноября 2015 г.); [отв. ред. Н.А. Горячев]. – Магадан: ООО «Типография», 2015. – С. 8–10.
4. **Брынько И.В.** Сравнение одновозрастных пермских известняков Омолонского массива и его юго-восточного обрамления: проблема происхождения // Научная молодежь Северо-Востоку России: Материалы VI Межрегиональной конференции молодых ученых (Магадан, 19–20 мая 2016). – Магадан : ООО «Типография», 2016. – Вып. 6. – С. 11–14.
5. Ведерников И.Л., Бяков А.С., **Брынько И.В.**, Филимонова Т.В. Распространение и морфология микробиальных построек в пермских отложениях Северо-

Востока Азии // Геология, география, биологическое разнообразие и ресурсы Северо-Востока России: Материалы III Всероссийской конференции, посвященной памяти А.П. Васьковского и в честь его 105-летия (Магадан, 12-14 октября 2016 г.); [отв. ред. Н.А. Горячев]. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2016. – С. 114–117.

6. **Брынько И.В.**, Ведерников И.Л., Бяков А.С., Нижне-среднепермские ихнофоссилии Омолонского массива // Геология, география, биологическое разнообразие и ресурсы Северо-Востока России: Материалы III Всероссийской конференции, посвященной памяти А.П. Васьковского и в честь его 105-летия (Магадан, 12-14 октября 2016 г.); [отв. ред. Н.А. Горячев]. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2016. – С. 107–109.

7. **Брынько И.В.** Сравнение верхнепермских диамиктитов Омолонского массива и его юго-восточного обрамления (предварительные данные) / XXIII региональная научная конференция Идеи, гипотезы, поиск..., г. Магадан. – 2016. – Вып. 23. – С. 24–26.

8. Бяков А.С., Давыдов В.И., Шмитц М., Хорачек М., Бонд Д., Савов И., Ведерников И.Л., Филимонова Т.В., **Брынько И.В.** Корреляция средней и верхней перми Северо-Востока Азии и международной стратиграфической шкалы (новые данные по U-Pb датированию, изотопии Sr и C) // Международная стратиграфическая конференция Головкинского – 2017 и Четвертая Всероссийская конференция «Верхний палеозой России». – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2017. – С. 25–27.

9. **Брынько И.В.** Ведерников И.Л. Геохимия пермских отложений юго-восточной части Омолонского массива // Чтения памяти академика К.В. Симакова: Материалы докладов Всероссийской научной конференции (Магадан, 22-24 ноября 2017 г.) / СВКНИИ ДВО РАН. – Магадан: ИП Жарикова Т.В., 2017. – С. 15–17.

10. Бяков А.С., Бонд Д., Савов И., **Брынько И.В.**, Ведерников И.Л., Филимонова Т.В. Новые данные по  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  хеомстратиграфии биогенных карбонатов средней и верхней перми Омолонского массива (Северо-Восток Азии) // Чтения памяти академика К.В. Симакова: Материалы докладов Всероссийской научной конференции (Магадан, 22-24 ноября 2017 г.) / СВКНИИ ДВО РАН. – Магадан: ИП Жарикова Т.В., 2017. – С. 21–23.

11. **Брынько И.В.** Основные литотипы пермских отложений юго-восточной части Омолонского массива / Идеи... гипотезы... поиск... Материалы XXIV региональной научной конференции аспирантов, соискателей и молодых исследователей (Магадан, 11-12 апреля 2018 г.). – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2018. – С. 172–177.

12. **Brynko I.V.**, Vedernikov I.L. Permian ichnofossils of the southeastern part of the Omolon Massif (Northeast Russia) // Kolner Forum. Geological and Paleontological. Abstracts, 19 th International Congress on the Carboniferous and Permian, Cologne, July 29 – August 2. – 2019. – 23. – P. 58.

13. **Brynko I.V.**, Vedernikov I.L. Lower and Middle Permian Trace Fossils in the Southeastern Part of the Omolon Massif (Northeastern Russia) and Their Significance for the Reconstruction of Sedimentation Environments // Advances in Devonian, Carboniferous and Permian Research: Stratigraphy, Environments, Climate and Resources. – 2018. – P. 57–61.

14. Biakov Alexander S., Yuri D. Zakharov, Micha Horacek, Ruslan V. Kutugin, Igor L. Vedernikov, **Inessa V. Brynko**. Новые данные по фауне, хеомстратиграфии  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  и U-Pb SHRIMP датированию верхнепермских и пограничных пермо-триасовых отложений Северо-Востока России // Международная стратиграфическая конференция Головкинского – 2019 и Пятая Всероссийская конференция «Верхний палеозой России». – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2019. – С 61–62.

15. **Brynko, Inessa V.**, Alexander S. Biakov, Igor L. Vedernikov. Пермские «колымиевые» известняки юго-восточной части Омолонского массива (Северо-Восток Азии) // Международная стратиграфическая конференция Головкинского – 2019 и Пятая Всероссийская конференция «Верхний палеозой России». – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2019. – С 66–67.
16. **Brynko, Inessa V.**, Igor L. Vedernikov. Геохимические индикаторы фациальных обстановок среднепермских «колымиевых» известняков Омолонского массива (Северо-Восток Азии) // Международная стратиграфическая конференция Головкинского – 2019 и Пятая Всероссийская конференция «Верхний палеозой России». – Казань: Изд-во Казан. ун-та. – 2019. – С 70–71.
17. **Brynko Inessa V.**, Gennadiy O. Polzunenkov, Alexander S. Biakov. Новые U-Pb (SHRIMP-II) по циркону из среднепермских отложений Омолонского массива (Северо-Восток России) // Международная стратиграфическая конференция Головкинского – 2019 и Пятая Всероссийская конференция «Верхний палеозой России». – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2019. – С. 68–69.
18. **Brynko I.V.**, Biakov A.S., Vedernikov I.L., New data on the “kolymic” limestones of the Omolon Massif // Proceedings Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting 2019, Advances in Devonian, Carboniferous and Permian Research: Stratigraphy, Environments, Climate and Resources. – 2019. – P. 52–57.
19. **Brynko I.V.**, Vedernikov I.L., Geochemical characteristics of the middle Permian “kolymic” limestones of the Omolon Massif // Proceedings Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting 2019, Advances in Devonian, Carboniferous and Permian Research: Stratigraphy, Environments, Climate and Resources. – 2019 – P. 46–51.
20. Бяков А.С., Бонд Д.П.Г., Харви Д., **Брынько И.В.**, Ведерников И.Л., Филимонова Т.В. Минимальные значения отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в биогенных карбонатах перми Омолонского массива (Северо-Восток России): значение для палеотектонических реконструкций // Фундаментальные проблемы тектоники и геодинамики. Материалы ЛП Тектонического совещания. 2020. С. 115–118.
21. **Брынько И. В.**, Ползуненков Г. О., Бяков А. С., Ведерников И. Л., U-Pb SHRIMP датирование цирконов из туфовых разностей гижигинской свиты (средняя пермь) Омолонского массива // Форум «Наука Северо-Востока России: фундаментальные и прикладные исследования в Северной Пацифике и Арктике». – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2020. – С. 8–9.
22. **Brynko I.V.** Geochemical features of Permian terrigenous deposits of the Omolon Massif (North-East Russia) // Международная молодежная стратиграфическая конференция Головкинского, 2020 «Осадочные планетарные системы: стратиграфия, геохронология, углеводородные ресурсы» (26-30 октября 2020 г.) [Электронный ресурс]: сборник тезисов. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2020. С. 17.