

На правах рукописи

**Михеева Екатерина
Андреевна**

**Возрастные границы, корреляция, источники и области сноса юрских
отложений Иркутского бассейна**

25.00.01 – Общая и региональная геология

Автореферат
диссертации на соискание учёной
степени кандидата геолого-
минералогических наук

Иркутск 2017

Работа выполнена в лаборатории палеогеодинамики с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Геодинамика и геохронология» Института земной коры СО РАН.

Научный руководитель:

Иванов Алексей Викторович, д.г.-м.н., Институт земной коры СО РАН, главный научный сотрудник

Официальные оппоненты:

Макрыгина Валентина Алексеевна д.г.-м.н., Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, главный научный сотрудник

Малышев Сергей Владимирович, к.г.-м.н., Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о земле, кафедра геохимии, старший преподаватель

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и минералогии СО РАН (ИГМ СО РАН).

Защита состоится «24» января 2018 года в __ часов

на заседании Диссертационного Совета Д 003.022.02 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте земной коры Сибирского отделения Российской академии наук

Адрес: 664033, Иркутск, ул. Лермонтова 128. Факс (3952) 42-70-00.

Отзывы в 2-х экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять на адрес ученого секретаря Диссертационного Совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук

Автореферат разослан 2017 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

кандидат геолого-минералогических наук

Меньшагин Ю.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Иркутский угольный бассейн находится на юге Сибирской платформы и простирается примерно на 520 – 540 км вдоль хр. Восточный Саян – от оз. Байкал на юго-востоке до р. Уда в районе г. Нижнеудинск на северо-западе (Рис. 1). В пределах Иркутского угольного бассейна известны 3 структурно-фацialsные зоны: Присаянский предгорный прогиб, Ангара-Котинская межгорная впадина и платформенное крыло бассейна [Скобло и др., 2001]. В настоящее время для отложений бассейна действует региональная стратиграфическая шкала, принятая в 1981 году, по которой выделены черемховская (плинсбах – начало тоара), присаянская (тоар-аален) и кудинская (условно аален) свиты [Решения, 1981]. В юго-восточной части бассейна, в пределах Ангара-Котинской межгорной зоны, выделены: дабатская, тальцинская и котовская свиты, считающиеся аналогами черемховской, присаянской и кудинской свит, соответственно [Решения, 1981].

Актуальность работы Несмотря на длительную историю изучения юрских отложений в Иркутском угольном бассейне [Юрские..., 1967; Тимофеев, 1970; Плоскогорья и низменности, 1971; Файнштейн, 1971; Скобло и др., 2001 и др.], их детализация все еще требует серьезных исследований. Следует отметить, что ни геохимических, ни геохронологических исследований юрских отложений Иркутского угольного бассейна до этой работы не проводилось, тогда как в последнее десятилетие произошел скачок в развитии и доступности ряда изотопных и элементных методов, широко используемых в мировой практике при изучении осадочных толщ [Маслов и др., 2006; Dickin, 2007; Safonova et al., 2010; Летникова и др., 2013; Максимов, Сахно, 2011 и др.].

Целью настоящей работы является установление событий происходивших в юре на юге Сибирской платформы с решением следующих задач: 1. Установление временных границ юрского осадконакопления; 2. Корреляция отложений Иркутского угольного бассейна; 3. Реконструкция палеогеографических условий в юре на юге Сибирской платформы и ее складчатом обрамлении.

Фактический материал и методы исследования. Работа выполнена на основе исследования юрских отложений из стратотипических и опорных разрезов Иркутского угольного бассейна, собранных при участии автора в течение полевых сезонов 2014–2016 гг. В ходе полевых работ изучены коренные обнажения юрских отложений черемховской, присаянской, кудинской, а также тальцинской и котовской свит Иркутского угольного бассейна. Порода исследованы различными методами, впервые, для отложений Иркутского бассейна применены геохимические (РФА и «мокрая химия»), изотопно-геохимические (Sm-Nd ТИМС) и геохронологические методы (U-Pb, ЛА-ИСП-МС и ВИМС).

Научная новизна. Полученные результаты существенно дополняют уже имеющиеся представления об отложениях Иркутского угольного бассейна, направлены на изучение палеогеографической обстановки в юре на юге Сибири, основаны на классических минералогическо-петрографических методах в совокупности с геохимическими, изотопно-геохимическими и геохронологическими исследованиями. Впервые определены: 1. химические составы отложений Иркутского угольного бассейна; 2. модельные Sm-Nd возрасты пород для разных

стратиграфических уровней отложений Иркутского угольного бассейна; 3. возрасты детритовых цирконов для верхней части юрского разреза; 4. возрасты акцессорных цирконов из самой древней (черемховской) и самой молодой (кудинской) свит Иркутского угольного бассейна; 5) уточнена региональная стратиграфическая шкала и палеогеографическая схема юга Сибирской платформы.

Практическая значимость. Полученные новые геохимические и изотопно-геохимические данные уточняют условия накопления отложений Иркутского угольного бассейна и палеогеографическую обстановку на юге Сибирского кратона в период ранней-средней юры, и могут быть использованы для межрегиональных стратиграфических корреляций. Новые данные существенно дополняют действующую региональную стратиграфическую шкалу [Решения..., 1981] и вносят в нее важные изменения.

Публикации. По теме работы опубликовано и принято в печать 14 работ, включая 3 статьи в журналах, входящих в базу данных Web of Science (WoS), и, таким образом, включенных в перечень изданий рекомендуемых ВАК к публикации до защиты диссертации.

Апробация работы. Отдельные части диссертационного исследования и защищаемые положения представлены на II Всероссийской молодежной научно-практической школе-конференции «Науки о Земле. Современное состояние» (Геологический полигон «Шира», республика Хакасия, 2014); XXVI и XXVII Всероссийском молодежном совещании «Строение литосферы и геодинамика» (г. Иркутск, 2015, 2017); VII Сибирской научно-практической конференции молодых ученых по наукам о Земле (г. Новосибирск, 2014); 8 международной Сибирской конференции молодых ученых по наукам о Земле (The 8th International Siberian Early Career GeoScientists Conference, Novosibirsk, 2016); 2-ой Всероссийской школе студентов, аспирантов и молодых ученых по литологии «Литологические объекты через призму их разнообразия»: (Екатеринбург, 2016); . 7-ом Всероссийском совещании с международным участием «Юрская система России: Проблемы стратиграфии и палеогеографии» (Москва, 2017).

Структура и объём диссертации. Общий объём работы 136 страниц и включает 44 рисунка, список литературы из 116 наименований и 5 приложений. Работа состоит из введения (общая характеристика работы), пяти глав, заключения, списка литературы и приложений.

Благодарности. Организация работы и проведение исследований состоялась при неизменной поддержке и руководстве д.г.-м.н. А.В. Иванова и Е.И. Демонтеровой, которым автор выражает свою глубокую признательность. Совместные полевые исследования, последующая обработка материала и дискуссии проводились в ходе полевых работ на территории Иркутского угольного бассейна с А.В. Аржанниковой, С.Г. Аржанниковым, А.О. Фроловым. Большая помощь при организации полевых работ на разрезах угольных месторождений была оказана А.О. Фроловым (ИЗК СО РАН), В.В. Ивановым и А.А. Харченко (ООО «Разрез Черемховский»), А.А. Остроушко (филиал «Тулун уголь» ООО «Вост-Сиб уголь»). Автор благодарна к.г.-м.н. Л.З.Резницкому, Т.А. Корниловой за ценные советы и консультации в ходе написания диссертации. Большую признательность автор выражает всем сотрудникам ЦКП «Геодинамика и геохронология» ИЗК СО

РАН, особенно Н.Н. Уховой, Е.В. Худоноговой, Т.Ю. Черкашиной. Отдельная благодарность Е.И. Демонтеровой и Т.В. Поповой за результаты Sm-Nd изотопных исследований; Н.В. Брянскому и О.В. Зарубиной (ЦКП «Изотопно-геохимических исследований» ИГХ СО РАН) за U-Pb исследования детритовых цирконов (ЛА-ИСП-МС); Х. Хе (Институт геологии и геофизики КАН, Пекин) за U-Pb исследования акцессорных цирконов из пепловых прослоев (ВИМС).

Защищаемые положения.

- 1) Осадконакопление в Иркутском угольном бассейне началось уже в синемюре (~195 млн лет назад), а завершилось тоаре-аалене (~ 179.6 млн лет), по данным U-Pb датирования акцессорных цирконов из вулканогенно-осадочных пород черемховской и кудинской свит.
- 2) Стратиграфия Ангара-Котинской зоны верно отражена в действующей стратиграфической шкале. «Пачки» черемховской свиты могут считаться подсвитами. Верхнюю (усть-балейскую) подсвиту черемховской свиты следует считать нижней подсвитой более молодой присаянской свиты.
- 3) Установлены закономерные смены питающих областей для отложений Иркутского бассейна. При формировании черемховской свиты основную роль играли породы фундамента Тувино-Монгольского массива и его осадочного чехла, затем при накоплении присаянской свиты размывался фундамент и карбонатный осадочный чехол Сибирской платформы, а при накоплении кудинской свиты значительную роль играл размыв палеозойских и мезозойских комплексов Забайкалья.

ГЛАВА 1. ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ИРКУТСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА

Присутствие угленосных юрских отложений на территории южной части Сибирской платформы установлено еще в конце XVIII столетия работами П.С. Палласа, И.Т. Георги, И. Сиверса и др. [Угольная..., 2002]. В разное время по Иркутскому угольному бассейну работали: К.И. Богданович, Ю.А. Жемчужников, Ф.Ф. Оттен, М.К. Коровин, Ю.П. Деев, В.П. Маслов, М.М. Лавров, М.М. Тетяев, В.А. Обручев, Н.Н. Винниченко, Г.Х. Файнштейн, П.П. Тимофеев, В.И. Копорулин, Н.А. Флоренсов, В.А. Панаев, В.В. Никитина, Б.Л. Шурыгин, Л.А. Анкудинова и др. Наиболее подробно и полно отложения Иркутского угольного бассейна рассмотрены в монографиях М.М. Одинцовой с соавторами [Юрские..., 1967], В.И. Копорулина [1966], П.П. Тимофеева [1969], В.М. Скобло с соавторами [2001].

Альтернативную действующей стратиграфической шкале точку зрения предлагают Н.И. Акулов с соавторами [2015], а также А.И. Киричкова с соавторами [2016]. Согласно точке зрения Н.И. Акулова с соавторами [2015] наиболее древней является котовская свита (называемая Акуловым и др. [2015] байкальской), за ней следуют дабатская, черемховская и присаянская свиты, а кудинская свита исключена из рассмотрения. А.И. Киричкова с соавторами в последних работах [2016, 2017], также считают наиболее древней байкальскую свиту (как и Н.И. Акулов и др. [2015] имея в виду котовскую свиту), за которой вверх по разрезу следуют заларинская (упраздненная

действующей шкалой) и дабатская (как аналог в Ангаро-Котинской зоне), затем присаянская и кудинская свиты (Рис. 1).

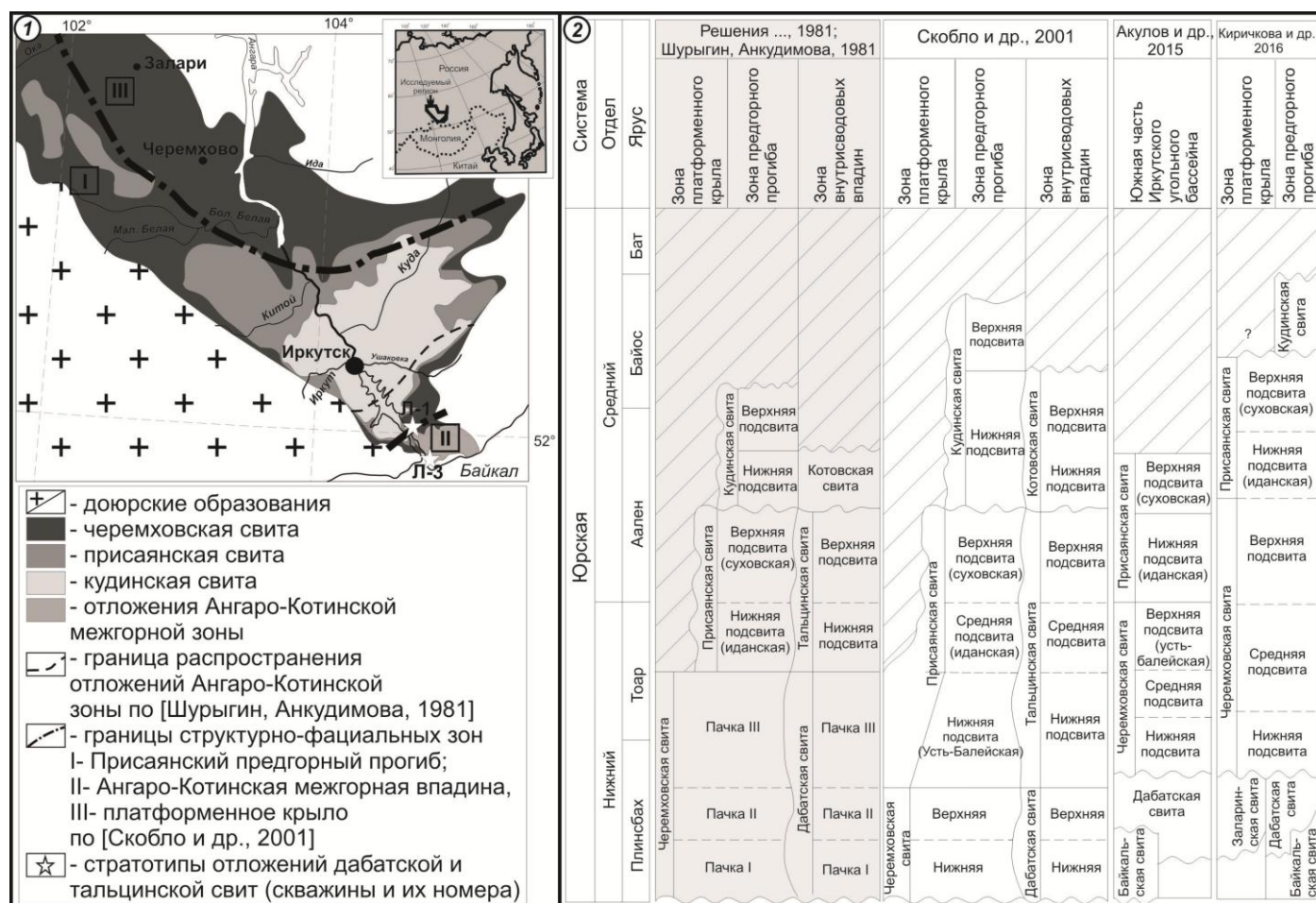


Рисунок 1 – Схематичная карта распространения юрских отложений Иркутского угольного бассейна с указанием Ангаро-Котинской зоны (1). Схема сопоставления стратиграфических подразделений Иркутского угольного бассейна (2).

Ангаро-Котинская межгорная зона находится на юго-восточной окраине Иркутского угольного бассейна, в ее пределах развиты грубокластические юрские отложения, слабая изученность которых не позволяла расчленить и установить их положение в разрезе Иркутского угольного бассейна [Тетяев, 1934]. Позднее исследователи отмечали нормальное стратиграфическое положение байкальской и дабатской свит [см. Никитина, Панаев, 1970]. В 1965–1967 гг. юрские отложения Ангаро-Котинской межгорной зоны вскрыты скважинами Л–1 (в районе с. Ангарские Хутора) и Л–3 (в районе устья руч. Никулиха). Материалы скважин использованы для точного определения положения «байкальских» (большереченской, дабатской и байкальской) свит в разрезе юры Иркутского угольного бассейна, а также скорелированы с основной частью бассейна [Никитина, Панаев, 1970; Шурыгин, Анкудимова, 1981, Решения..., 1981].

Вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы впервые выявлены по данным бурения в отложениях Иркутского бассейна в 70-х годах [Кизияров, Мешалкин, 1978; Кизияров, Мешалкин, Лосева, 1983]. В разное время наличие такого типа пород подтверждалось геолого-съёмочными работами и тематическими исследованиями [Объяснительная записка..., 1999, Арбузов и др., 2012; Скобло и др., 2001]. По имеющимся литературным и геолого-съёмочным данным, горизонты вулканогенно-осадочных пород (туфов и туффитов) отмечены в отложениях черемховской,

присяянской, кудинской свит и их аналогах в Ангаро-Котинской межгорной зоне [Кизияров, Мешалкин, 1978; Объяснительная..., 1999; Скобло и др., 2001].

ГЛАВА 2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В исследованных разрезах опробованы все литологические разновидности пород, однако на диаграммах вариаций химических составов пород бассейна использованы данные только составов песчаников и алевропесчаников, как отражающих средний химический состав источников сноса. Исключены аргиллиты и породы с туфовой составляющей. В совокупности с авторскими данными в работе использованы минералого-петрографические данные предшественников [Юрские..., 1967; Скобло и др., 2002; Тимофеев, 1969; Виниченко и др. 1963 и др.].

Впервые для пород различных стратиграфических уровней Иркутского угольного бассейна получены составы петрогенных оксидов и микроэлементов, Sm-Nd изотопные данные. Аналитические исследования проводились на базе Центра коллективного пользования “Геодинамика и геохронология” ИЗК СО РАН (г. Иркутск). Содержания петрогенных оксидов для части проб определены и классическим методом “мокрой” химии (аналитик М.М. Самойленко), и методом РФА (аналитики Т.Ю. Черкашина и Е.В. Худоногова). Содержания редких и рассеянных элементов определялись методом РФА (аналитики Т.Ю. Черкашина и Е.В. Худоногова). Измерение образцов выполнено на рентгенофлуоресцентном спектрометре с волновой дисперсией S8 TIGER (Bruker AXS GmbH, Германия), оснащенном пакетом программного обеспечения SPECTRAplus. Sm-Nd изотопные исследования проводили Е.И. Демонтерова и Т.В. Попова с участием автора. Измерения изотопных отношений неодима и самария осуществлялись на масс-спектрометре Finnigan MAT262. U-Pb датирование детритовых цирконов проведено Е.И. Демонтеровой, Н.В. Брянским с участием автора на квадрупольном масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Q-ICP-MS Perkin Elmer NexION 300D с лазерной платформой NWR 213 (New Wave Research, USA), в ЦКП «Изотопно-геохимических исследований» ИГХ СО РАН (г. Иркутск). Выделение детритовых цирконов с последующей подготовкой их к U-Pb датированию проведены Е.И. Демонтеровой, Л.З. Резницким с участием автора на базе ЦКП ИЗК СО РАН «Геодинамика и геохронология» (г. Иркутск).

Впервые использован прямой U-Pb метод датирования для аксессуарных цирконов из пепловых прослоев Иркутского бассейна. Проведено U-Pb датирование с помощью ионного зонда Cameca IMS 1280-HR (ВИМС) в Институте геологии и геофизики Китайской академии наук в г. Пекин. Выделение аксессуарных цирконов с последующей подготовкой их к U-Pb датированию проведены Е.И. Демонтеровой, Л.З. Резницким с участием автора на базе ЦКП ИЗК СО РАН «Геодинамика и геохронология» (г. Иркутск).

ГЛАВА 3 СТРАТИГРАФИЯ ИРКУТСКОГО УГОЛЬНОГО БАСЕЙНА

Юрские континентальные отложения описаны в соответствии с действующей стратиграфической шкалой [Решения..., 1981]. Исследования ограничены юго-восточной частью Иркутского угольного бассейна, поскольку здесь представлены все стратиграфические подразделения бассейна. Рассматриваемая область (от побережья Байкала до пос. Залари),

охватывает зоны Присаянского предгорного прогиба, Ангаро-Котинской межгорной впадины и платформенного крыла (Рис. 1).

Отложения черемховской свиты известны повсеместно в поле распространения Иркутского угольного бассейна. Свита сложена терригенными отложениями с пластами углей промышленной мощности. Мощность свиты изменяется от 30-100 до 180-240 м. Пачка I (заларинская подсвита) черемховской свиты сложена разнородными песчаниками, гравелитами, конгломератами и маломощными прослоями алевролитов, аргиллитов и пропластками углей. Подсвита залегает в основании юрских отложений. Пачка II (угленосная подсвита) сложена преимущественно алевролитами, аргиллитами, заключающими пласты угля промышленной мощности, в меньшей степени, песчаниками и гравелитами (в основании подсвиты). Пачка III (усть-балейская подсвита) сложена полевошпатово-кварцевыми, реже полимиктовыми и кварцевыми песчаниками, алевролитами с маломощными прослоями аргиллитов, гравелитов и пропластками углей.

Присаянская свита имеет большое площадное распространение в пределах южной части Иркутского угольного бассейна, мощность свиты изменяется от 55 до 100-200 м. Свита разделена на нижнюю (иданскую) и верхнюю (суховскую) подсвиты. Нижняя подсвита сложена песчаниками с линзовидными прослоями алевролитов, конгломератов, гравелитов, аргиллитов и пропластками углей. Верхняя подсвита повсеместно встречается на территории г. Иркутска и сложена песчаниками с прослоями алевролитов, гравелитов, аргиллитов, пропластками углей и горизонтом вулканогенных вулканогенно-осадочных пород в кровле. Вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы (мощностью до 12,5 м) представлены пепловыми туфами, туфоалевролитами и туфопесчаниками [Объяснительная записка..., 1999].

Отложения кудинской свиты представлены песчаниками, конгломератами, гравелитами, алевролитами, аргиллитами и пепловыми туфами, туфоалевролитами, туфопесчаниками, с маломощными прослоями углей, мощность свиты варьирует от 20-40 до 70-100 м. Свита расчленена на две подсвиты: нижнюю и верхнюю. Песчаники кудинской свиты наиболее интересны обломками горных пород в составе, представленными, преимущественно, эффузивами кислого и среднего составов ($\sim 3-5\%$), и снижением доли кластогенных слюд ($<3-5\%$), по сравнению с присаянской свитой и усть-балейской подсвитой черемховской свиты.

В пределах структурно-фациальной зоны Ангаро-Котинской межгорной впадины развит грубокластический комплекс юрских отложений. Дабатская свита (по действующей стратиграфической шкале) вскрыта по серии скважин [Шурыгин, Анкудинова, 1981] и в единичных естественных обнажениях по берегу Байкала и береговым обнажениям р. Ангары. Обнажения, вскрытые в районе истоков Ангары следует относить к котовской и тальцинской свитам (т.е. к аналогам кудинской и верхам присаянской свиты) [Никитина, Панаев, 1970; Решения..., 1981]. За стратотип свиты принят разрез скважины Л-3 в правом борту Ангары, в 3.4 км от истока (Рис. 1) [Шурыгин, Анкудинова, 1981]. Отложения делят на 3 подсвиты, верхнюю подсвиту дабатской свиты, как и ее аналог усть-балейскую подсвиту черемховской свиты,

некоторые исследователи относят к тальцинской свите [Панаев, Никитина, 1971; Скобло и др., 2001]. Тальцинская свита делится на 2 подсвиты. За стратотип свиты принят разрез скважины Л-1 в устье пади Никулиха, левый приток Ангары, (Рис. 1) [Шурыгин, Анкудимова, 1981]. Котовская свита делится на 2 подсвиты. За стратотип свиты принят разрез естественного обнажения в устье пади р. Большие Коты, вкрывающий максимальную ее мощность (порядка 50-60 м), в 17 км к северо-востоку от истока Ангары [Шурыгин, Анкудимова, 1981].

Ранее отложения Иркутского угольного бассейна датировали в основном растительными остатками [Юрские..., 1967; Решения..., 1981; Киричкова, Травина, 2000; Скобло и др., 2001; Киричкова, Травина, 2002; Фролов, Мащук, 2015; Акулов и др., 2015 и др.], находки фауны редки, и относятся преимущественно к усть-балейской подсвите [Скобло и др., 2001]. Для точного установления времени начала и конца формирования Иркутского угольного бассейна исследованы образцы туфогенно-осадочных пород, опробованных в Прииркутской впадине. Образец J-14-13 отобран в отложениях кудинской свиты (верхи юрского разреза) в 16 км от г. Иркутска в левом борту р. Куда и представлен окремненным туфопесчаником. Образец J-14-37 отобран в отложениях низов черемховской свиты в придорожном карьере в 63 км от г. Иркутска в районе пос. Бухун и представлен туфо-известняком нижней подсвиты черемховской свиты.

Образец туфо-известняка J-14-37 отобран в отложениях нижней подсвиты черемховской свиты. Вулканогенно-осадочный разрез представлен переслаивающимися отложениями аргиллитов, алевро-аргиллитов и карбонатизированными прослоями вулканических пеплов. Характер осадочных отложений данного разреза позволяет считать их нижней заларинской подсвитой, исключая возможность отнесения к остаточным рэт-лейасовым корам выветривания. Слои карбонатизированных средне-мелкозернистых туфо-алевролитов темно-серого цвета мощностью от 0.1 до 0.5 м, с базальным, кальцитовым цементом. Пирокластический материал представлен реликтами серповидных и рогульчатых пепловых обломков, предположительно, вулканического стекла (Рис. 2). Остальная масса представлена неокатанными или плохо окатанными кристаллами циркона, барита, ильменита, титанита, лейкоксена, рутила, кварца, апатита, плагиоклаза. Из туфоизвестняка продатировано 19 зерен циркона, из которых 10 характеризуются либо слишком высокими концентрациями первичного свинца, либо дискордантностью более 10%. Оставшиеся 9 анализов условно можно разделить на 3 группы: 1) 504.4 ± 7.4 млн лет (одно наиболее древнее зерно), 2) 201.1 ± 3.8 млн лет и 3) 194.5 ± 2.6 млн лет (последняя наиболее широко представленная группа из 5 цирконов). Весьма вероятно, что самая молодая группа цирконов отражает возраст вулканического извержения и показывает время формирования черемховской свиты. Если это так, то осадконакопление в Иркутском бассейне началось в синемюре, а не в плинсбахе, как считалось ранее [Скобло и др., 2001; Акулов и др., 2015; Киричкова, и др. 2016 и ссылки в них].

Отложения верхней, кудинской свиты грубообломочные (преимущественно, конгломераты), что также затрудняло ее датирование палеонтологическими остатками. Однако, на

сегодняшний день ее датируют как условно аален по растительным остаткам, обнаруженным в стратотипическом разрезе кудинской свиты (разрез в районе дер. Жердовка) *Coniopteris maakiana* (Heer) Pryn. emend. Kiritch. et Trav. [Фролов и др., 2015] и спорово-пыльцевым комплексам [Скобло и др., 2001]. На 19 км трассы г. Иркутск – пос. Качуг перед мостом через р. Куда (со стороны г. Иркутск) в придорожной выемке обнажена песчаная пачка (мощностью около 2.5 м), перекрытая темно-коричневыми углистыми алевролитами (не более 0.5 м) и перемежающимися с туфопесчаниками и туфоалевролитами (мощностью порядка 1–1.5 м). Прослой опробованного нами кремнистого туфопесчаника (J-14-13) ярко выражен в рельефе, ступенью высотой до 1.7 м.

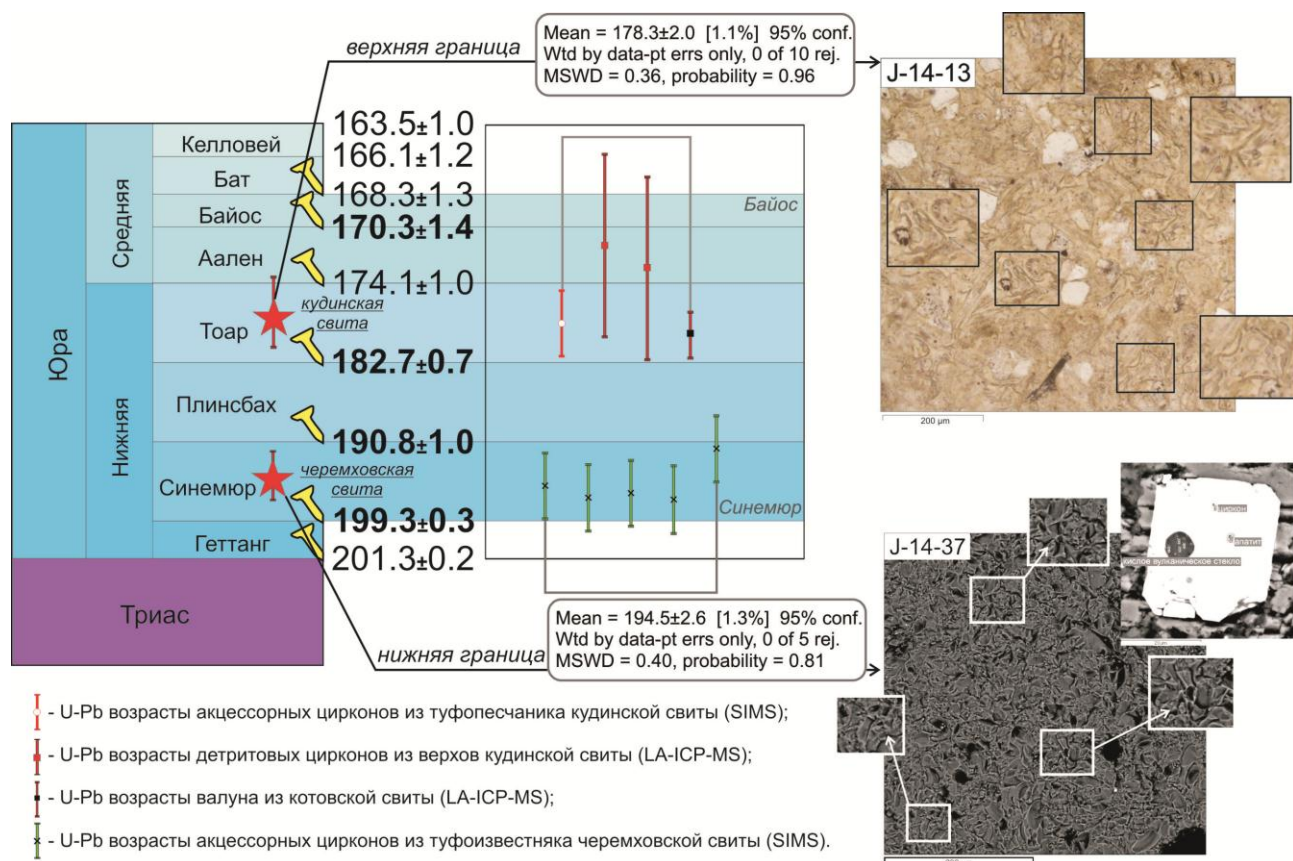


Рисунок 2 – Возрастные границы юрских отложений Иркутского угольного бассейна по данным датирования акцессорных цирконов из пепловых прослоев и детритовых цирконов из кудинской свиты с электронной фотографией в обратно-рассеянных лучах туфоизвестняка из нижней подсвиты черемховской свиты для нижней границы и фотографией шлифа туфопесчаника кудинской свиты, для верхней границы.

По имеющимся палинологическим данным эта толща датируется поздним ааленом и относится к кудинской свите [Скобло и др., 2001]. Слой кремнистого мелкозернистого туфопесчаника (J-14-13), цветом от светло-серого до белого и мощностью 1.5-1.8 метров. Туфопесчаник имеет слоистую и пепловую текстуру, кристалло-литовитрокластическую структуру, обломочный материал представлен: гранитоидами, эффузивными породами средне-основного состава, кварцитами, пепловыми обломками вулканического стекла; кристаллами - кварца, калиевого полевого шпата, плагиоклаза, слюд (биотит, мусковит), эпидота, циркона, апатита, монацита, пироксена, ильменита, титанита, рутила и турмалина. Цемент представлен девитрифицированным вулканическим стеклом в виде черепков причудливой формы (Рис. 2). Из кремнистого туфопесчаника датировано 21 зерно циркона, из которых 8 анализов характеризуются либо

слишком высокими концентрациями первичного свинца, либо дискордантностью более 10%. Оставшиеся 13 анализов дают большой разброс по возрастам. Условно (учитывая малое число анализов) можно выделить 7 возрастных групп: 1) 2660.1 ± 4.2 млн лет (одна датировка), 2) 503.2 ± 7.6 млн лет, 3) 418.8 ± 8.3 млн лет, 4) 333.9 ± 4.8 млн лет, 5) 245.0 ± 5.1 млн лет и 6) 180.8 ± 2.9 млн лет (единичная датировка для самого молодого циркона). Согласно данным датирования детритовых цирконов из кудинской свиты самые молодые зерна с учетом ошибки согласуются с самым молодым акцессорным зерном из пеплового прослая кудинской свиты и возрастом валуна из котовской свиты, в совокупности они дают возраст $\sim 178.3 \pm 5.0$ млн лет, который условно можно считать возрастом самых молодых юрских отложений на юге Сибирской платформы. Этот возраст с учетом ошибки (тоар-аален) согласуется с палеонтологическими данными.

ГЛАВА 4 ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ, ИСТОЧНИКИ СНОСА И КОРРЕЛЯЦИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ИРКУТСКОГО УГОЛЬНОГО БАСЕЙНА

Для геохимической характеристики отложений Иркутского угольного бассейна, использованы только составы песчаников и алевропесчаников. Для всех свит (черемховской, присаянской и кудинской) характерны низкие (<1.0) значения величины $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$, а значения $\log(\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O})$ повышаются (>0.5) при накоплении отложений верхней усть-балейской подсвиты черемховской свиты и вышележащих отложений присаянской и кудинской свит, а также их аналогов (Рис. 3 А). Распределение химических составов юрских песчаников в полях аркоз, граувакк и лититов характерно для незрелых песчаников. В поля аркоз и лититов преимущественно попадают отложения 2-ух нижних подсвит черемховской свиты (заларинской и угленосной), а отложения верхней, усть-балейской подсвиты смещаются в поле граувакк, вышележащие присаянская и кудинская свиты и их аналоги также попадают в поле граувакк и

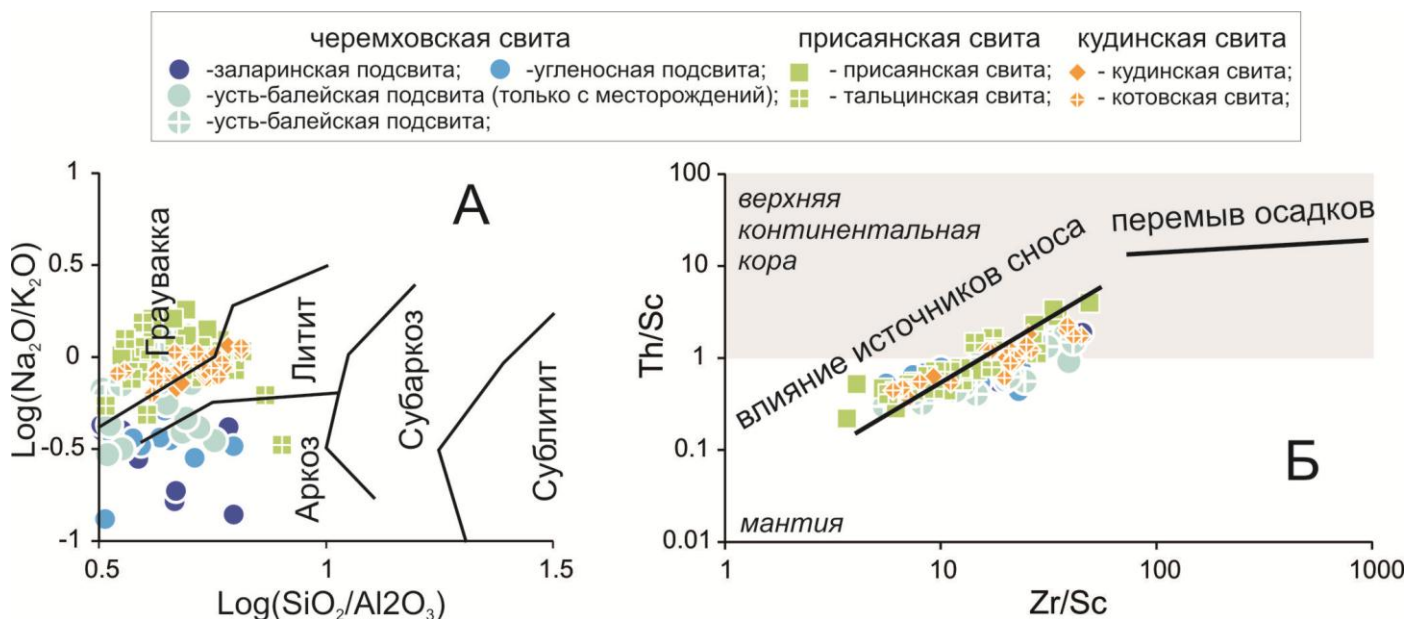


Рисунок 3 – Диаграммы для выявления осадков первого цикла. А - Классификационная диаграмма $\log(\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}) - \log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ для песчаников [Pettijohn, 1972]. Б - Диаграмма отношений Th/Sc и Zr/Sc [McLennan et al. 1993] для отложений Иркутского угольного бассейна

частично в поле лититов. Для оценки степени сортировки осадочных пород использована диаграмма отношений $\text{Zr}/\text{Sc} - \text{Th}/\text{Sc}$ (Рис. 3 Б), положение точек химических составов для

отложений всех опробованных свит Иркутского угольного бассейна показывает отсутствие перемыва осадков, что позволяет рассматривать их в качестве осадков первого цикла и полностью согласуется с минералого-петрографическими данными.

Для выявления состава источников сноса использована серия диаграмм, представленная на Рис. 4. На диаграмме в координатах индекса химического выветривания (CIA) и индекса изменения состава (ICV) видно, что в целом для отложений бассейна характерны тренды выветривания пород среднего и средне-основного состава (Рис. 4 А). Для выявления в источниках сноса ультраосновного состава химические составы юрских песчаников и алевро-песчаников вынесены на диаграмму отношений V/Ni и Ni/Co (Рис. 4 Б). Видно, что при накоплении верхов присаянской и тальцинской свит значительный вклад внесли базитовые породы, однако при накоплении кудинской свиты значения Ni/Co и V/Ni возвращаются к обычным («черемховским») значениям (Рис. 4 Б). На диаграммах Тейлора-МакЛеннана [1988] и Бхатия [1983] (Рис. 4 В и Г) видно, что при накоплении верхней (усть-балейской) подсвиты черемховской свиты сменился источник сноса, и точки ее составов лежат в поле распространения составов присаянской и тальцинской свит, отложения кудинской и котовской свит демонстрируют либо новый источник сноса, либо потерю одного из существовавших ранее (Рис. 4 В и Г).

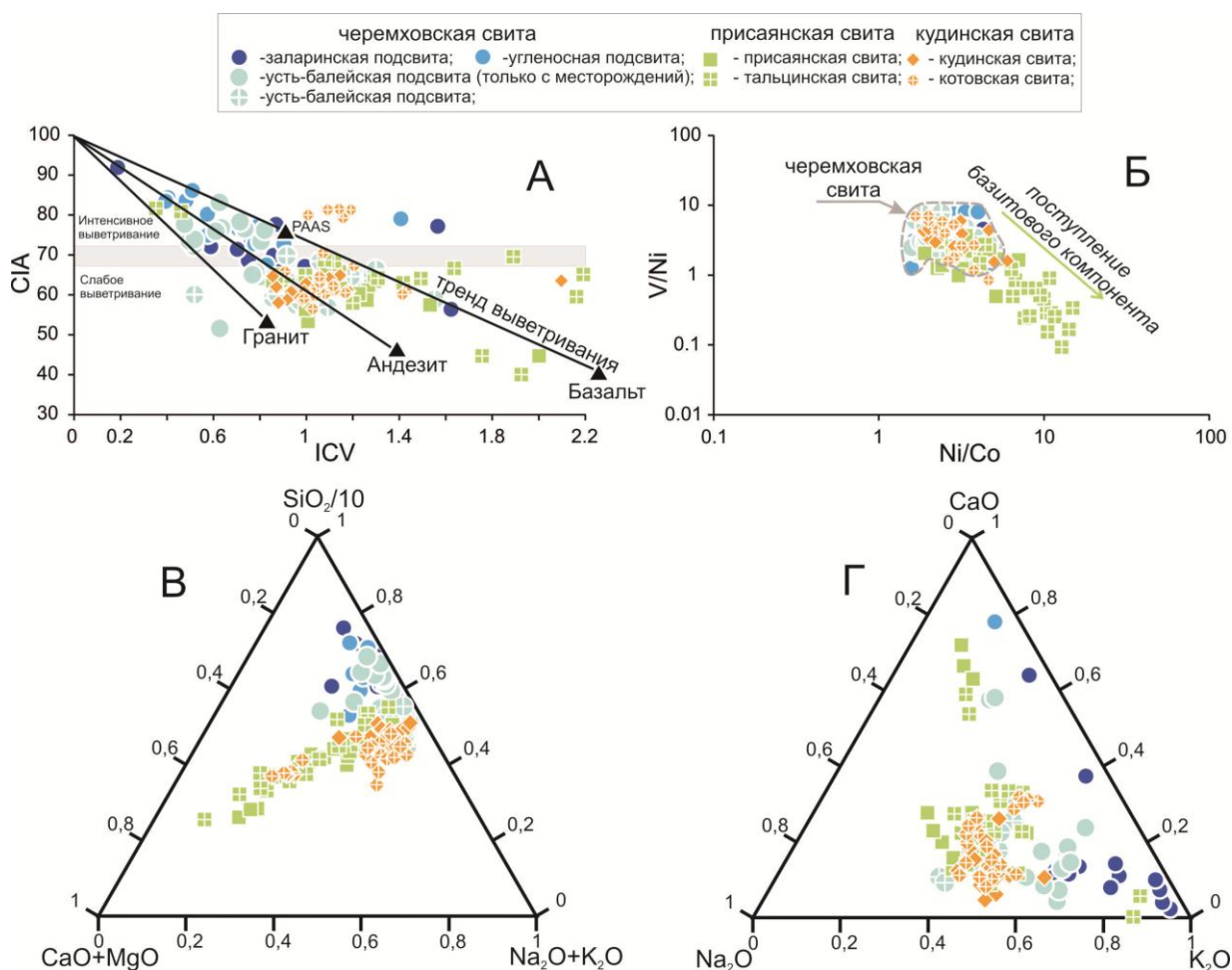


Рисунок 4 – Диаграммы для выявления базитового источника сноса. А) диаграмма в координатах индекса химического выветривания (CIA) и индекса изменения состава (ICV) (тренды по данным [Lee, 2002]); Б) диаграмма отношений Ni/Co – V/Ni для выявления в источниках сноса мафит/ультрамафитовых комплексов; и диаграммы определения состава источников сноса по Тейлору-МакЛеннану [1988] (В) и Бхатия [1983] (Г).

Таким образом, полученные геохимические данные показывают, что: 1) осадки Иркутского угольного бассейна следует относить к осадкам первого цикла; 2) при накоплении осадков присаянской и тальцинской свит существовал источник базитового состава; 3) при формировании отложений верхней (усть-балейской) подсвиты черемховской свиты фиксируется появление Забайкальского источника сноса и, соответственно, изменение состава, ее отложения следует считать началом нового седиментационного цикла и относить их к вышележащей присаянской свите, как уже предлагалось некоторыми предшествующими исследованиями [Скобло и др., 2001, Панаев, 1968]. 4) отложения Ангара-Котинской зоны теряют свою «экзотичность», и их стратиграфия верно отражена в действующей стратиграфической шкале. Причем ставится под вопрос целесообразность выделения дополнительной стратиграфической шкалы для достаточно небольшого участка Иркутского бассейна, если полученные данные показывают их, практически, полную идентичность. Данные выводы полностью согласуются с минералого-петрографическими данными предшествующих исследований [Юрские..., 1967; Тимофеев, 1970; Скобло и др., 2001].

ГЛАВА 5 ОБЛАСТИ ПИТАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ИРКУТСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА

По результатам работ предшественников [Копорулин, 1966; Юрские..., 1967; Тимофеев, 1970; Скобло и др., 2001 и др.] для Иркутского угольного бассейна можно выделить три основные области питания: 1) местный источник, Сибирский кратон, включающий архейские и раннепротерозойские граниты и продукты их размыва, а также прилежащие Слюдянский и Ольхонский метаморфические террейны; 2) Восточный Саян, включающий гранитоиды и метаморфические породы Тувино-Монгольского микроконтинента и его чехла; 3) Забайкальская область, включающая палеозойские и мезозойские вулканоплутонические ассоциации, а также продукты их размыва.

Sm-Nd изотопно-геохимические данные получены для 22 образцов всех стратиграфических уровней Иркутского угольного бассейна (черемховская, присаянская, кудинская, тальцинская и котовская свиты). Для рассматриваемых источников сноса характерны следующие изотопные характеристики: 1) для местного характерны модельные возрасты от 2.4 до 3.8 млрд лет (Слюдянский и Ольхонский террейны – от 1.7 до 2.9 млрд лет) и $\epsilon\text{Nd}(\text{T})$ от -25.6 до 3.5 [Донская и др., 2000; Донская и др., 2005; Туркина и др., 2006; Gladkochub et al., 2009; Туркина, 2010; Туркина и др., 2011; Kovach et al., 2013]; 2) для Восточного Саяна – модельные возрасты от 0.8 до 1.4 млрд лет и $\epsilon\text{Nd}(\text{T})$ от -2.5 до 4.5 [Козаков и др., 2003]; и 3) для Забайкальской области модельные возрасты от 0.6 до 1.4 млрд лет и $\epsilon\text{Nd}(\text{T})$ от -5.7 до 4.3 [Воронцов, Ярмолюк, 2003; Litvinovsky et al., 2002; Litvinovsky et al., 2011]. Для каждой из трех свит Иркутского угольного бассейна характерны различные вариации $\epsilon\text{Nd}(\text{T})$: для черемховской свиты слабо отрицательные (от -2.2 до -13.3 , с модельными возрастами $\text{TNd}(\text{DM})$ 1.1–1.8 млрд лет); для присаянской резко отрицательные (от -22 до -16 , с модельными возрастами $\text{TNd}(\text{DM})$ 1.9–2.3 млрд лет); для кудинской свиты характерен переход в сторону положительных значений (-2.1 до 0.4 , с модельными возрастами $\text{TNd}(\text{DM})$ 0.8–1.7 млрд лет). Отложения всех трех подсвит черемховской свиты характеризуются невысокими значениями Ni/Zr, а в присаянской и тальцинской свитах – повышенными Ni/Zr значениями и

сильно отрицательными $\epsilon\text{Nd}(T)$, т.е. при накоплении осадков присаянской и тальцинской свит размывались породы Сибирского кратона. Отложения кудинской и котовской свит характеризуется более низкими Ni/Zr и $\epsilon\text{Nd}(T)$, стремящимся к положительным значениям (–2.1 до 0.4). Такие изменения могут указывать на этап осадконакопления с чертами характерными размыва ювенильной коры Забайкалья (Рис. 5 Б).

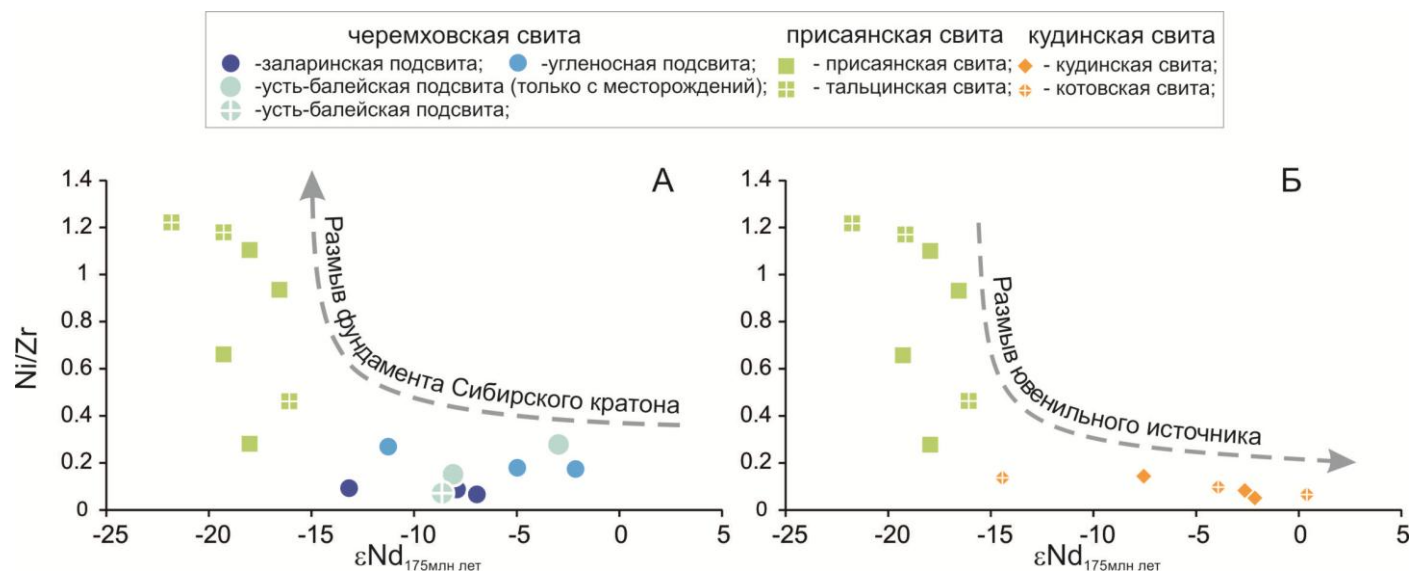


Рисунок 5 – Диаграмма соотношения индекса мафического вещества (Ni/Zr) к $\epsilon\text{Nd}_{175 \text{ млн лет}}$

Для U-Pb исследований детритовых цирконов опробованы верхняя часть юрских осадков, включающая присаянскую, кудинскую (2 пробы, низ и верх) и котовскую свиты (4 пробы). Из присаянской свиты (верхняя подсвита) отобрана проба J-2012 в шурфе в г. Иркутск. U-Pb возрасты детритовых цирконов из присаянской свиты показывают, что их исходные размываемые породы принадлежали Сибирскому кратону (47% возрастов с типичным возрастом от $\sim 1,85$ до $\sim 3,24$ млрд лет [Rojas-Agramonte, 2011]) и раннепалеозойским комплексам южной окраины Сибирского кратона (53% возрастов с типичными каледонскими возрастами с пиками 470 и 500 млн лет [Kovach et al., 2013] (Рис. 6). Детритовые цирконы из низов кудинской свиты представлены тремя группами с возрастными пиками 280 млн лет (40%), 480 млн лет (21%) и в интервале от 1.85 до 3.01 млрд лет (38%) (Рис. 6). Кроме кратонных и каледонских цирконов, низ кудинской свиты представлен преобладающим пиком цирконов с возрастом Ангара-Витимского батолита (330-280 млн лет [Donskaya et al., 2013]). Детритовые цирконы верхов кудинской свиты, в дополнение к возрастным группам, описанным для низов кудинской свиты, показывают тоарский пик 185 млн лет (Рис. 6). Возрастные пики кудинской свиты схожи с пиками, преобладающими в детритовых цирконах дельты Селенги, область питания которой находится в пределах магматических и метаморфических комплексов Забайкальского региона (Рис. 6). Детритовые цирконы котовской свиты (J-15-160) представлены преимущественно двумя возрастными пиками 280 млн лет (62%), 480 млн лет (30%) и кратонными значениями (8%) также характерных для низов кудинской свиты (Рис. 6).

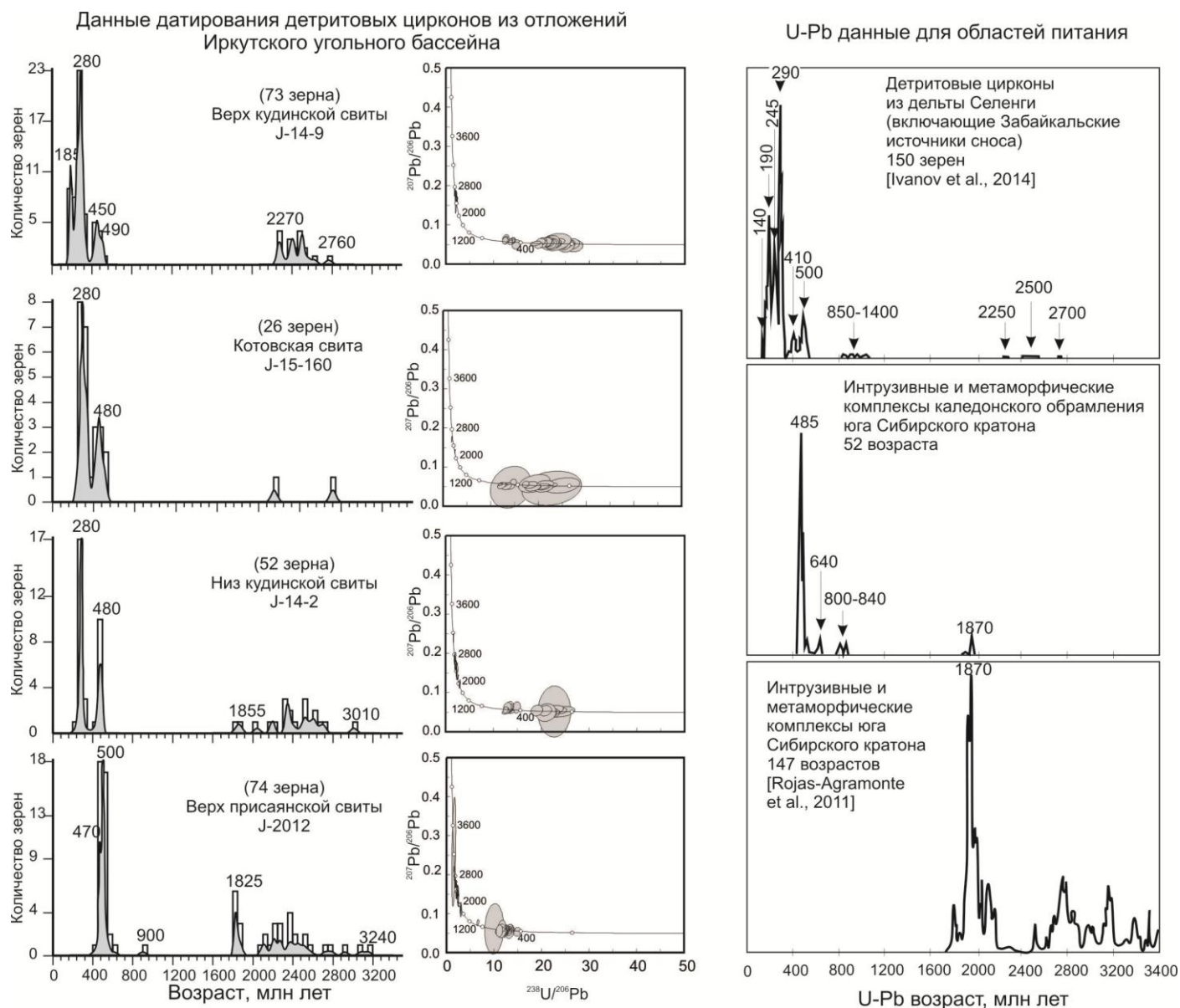


Рисунок 6 – График распределения U-Pb возрастов зерен детритовых цирконов из присаянской, кудинской и котовской свит. Диаграмма построена с использованием Density Plotter [Vermeesch., 2012]. Используемая ширина полосы составила 10 млн лет. Каждая диаграмма KDE дополняется диаграммой с конкордиями Tera-Wasserburg, построенная с использованием макросов Isoplot Excel [Ludwig, 2003]. Использованы только конкордантные зерна. Распределение возрастных пиков для основных областей питания по [Бараш и др., 2006; Бибикина и др. 1990; Донская и др. 2000; Donskaya et al., 2013, 2017; Федоровский и др. 2010; Гладкочуб и др., 2010, 2013, 2014; Gladkochub et al., 2008, Гордиенко и др., 2012; Котов и др., 1997; Макрыгина и др. 2014; Мехоношин и др., 2013; Salnikova et al., 1998; Скляр и др., 2009; Владимиров и др., 2008, 2011; Волкова и др., 2010].

Таким образом, установлены закономерные смены питающих областей для отложений Иркутского бассейна. При накоплении черемховской свиты основную роль играли породы фундамента Тувино-Монгольского массива, затем при формировании присаянской свиты размывался фундамент и карбонатный осадочный чехол Сибирской платформы, а при накоплении кудинской свиты значительную роль играл размыв палеозойских и мезозойских комплексов Забайкалья.

Список основных публикаций по теме диссертации

Список статей

1. Demonterova E.I., Ivanov A.V., **Mikheeva E.A.**, Arzhannikova A.V., Frolov A.O., Arzhannikov S.G., Bryanskiy N. V., Pavlova L. A. Early to Middle Jurassic history of the southern Siberian continent (Transbaikalia) recorded in sediments of the Siberian Craton: Sm-Nd and U-Pb provenance study / Bull. Soc. géol. France, 2017, t. 188, № 8, DOI: 10.1051/bsgf/2017009
2. **Михеева Е.А.**, Демонтерова Е.И., Фролов А.О., Аржанникова А.В., Аржанников С.Г., Черкашина Т.Ю., Иванов А.В. Смена источников сноса Иркутского угольного бассейна в течение ранней и средней юры по геохимическим и Sm-Nd изотопным данным / Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2017, Т. 25, № 4, С. 3-25
3. Демонтерова Е.А. Иванов А.В., **Михеева Е.А.**, Аржанникова А.В., Фролов А.О., Аржанников С.Г., Брянский Н.В., Павлова Л.А., Резницкий Л.З., Зарубина О.В. Источники сноса и палеогеографические условия формирования юрских континентальных отложений на юге Сибирской платформы (по Sm-Nd и U-Pb данным) / ДАН. Принята в печать

Список докладов и тезисов

1. **Михеева Е.А.** Первые геохимические данные по юрским осадочным отложениям Иркутского угольного бассейна // Науки о Земле. Современное состояние: Материалы второй всероссийской молодежной научно-практической школы- конференции. Новосиб. гос. ун-т.; Ин-т нефтегазовой геологии и геофизики им А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск: РИЦ НГУ. 2014, С. 77-79
2. **Михеева Е.А.**, Фролов А.О., Демонтерова Е.И. Модельные (Sm-Nd) возрасты отложений Иркутского угольного бассейна как индикаторы источников сноса // VII Сибирская научно-практическая конференция молодых ученых по наукам о Земле (с участием иностранных специалистов): Материалы конференции. Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск РИЦ НГУ, 2014, С. 150-151
3. **Михеева Е.А.** Вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы в отложениях Иркутского угольного бассейна // XXVI Всероссийская молодежная конференция: Материалы конференции. Институт земной коры СО РАН, 2015, С. 120 - 122
4. Демонтерова Е.И., Иванов А.В., **Михеева Е.А.** и др. Юрские осадки на юге Сибирского кратона как отражение закрытия Монголо-Охотского океана // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы совещания. Вып. 13. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2015, С. 75 - 77
5. **Михеева Е.А.**, Демонтерова Е.И., Иванов А.В. и др. Начало осадконакопления в Иркутском угольном бассейне по данным U-Pb датирования цирконов из вулканогенно-осадочных пород // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы совещания. Вып. 13. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2015, С. 160 - 162
6. **Mikheeva E.A.** Correlation of the Kuda and Koty formations of the Irkutsk middle jurassic coal-bearing basin based on geochemical and U-Pb detrital zircon data / The 8th International Siberian Early Career GeoScientists Conference, Novosibirsk, 2016. P. 101 – 102.
7. **Михеева Е.А.**, Демонтерова Е.И., Иванов А.В., Фролов А.О. Корреляция отложений кудинской и котовской свит в Иркутском угольном бассейне по геохимическим данным / Материалы 2-ой Всероссийской школы студентов, аспирантов и молодых ученых по литологии. Екатеринбург, 2016, С. 165 – 166
8. Демонтерова Е.И., Иванов А.В., **Михеева Е.А.** и др. Источники сноса и палеогеографические условия формирования юрских континентальных отложений на юге сибирской платформы (по Sm-Nd и U-Pb данным) // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту) материалы научного совещания, 2016, С. 75-76
9. **Михеева Е.А.**, Демонтерова Е.И. Смена условий седиментации в ранней-средней юре на юге Сибирской платформы (Иркутский угольный бассейн) по геохимическим и изотопным Sm-Nd данным // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. VII Всероссийское совещание: Москва, 18-22 сентября 2017 г. Научные материалы. / В.А.Захаров, М.А.Рогов, Е.В.Щепетова (ред.). Москва: ГИН РАН, 2017. – С. 145–147.