

БИОСТРАТИГРАФИЯ И ПРОЯВЛЕНИЕ ВУЛКАНИЗМА В ОРДОВИКЕ САЛАИРА
**Н.В. Сенников^{1,2}, Е.В. Лыкова¹, О.Т. Обут^{1,2}, В.Н. Токарев³, А.В. Тимохин¹, Т.А. Щербаненко¹,
И.Г. Закирьянов^{1,2}**

¹*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия*

²*Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 1, Россия*

³*Новокузнецк, АО «Запсибгеолсъёмка», 654032, Новокузнецк, ул. Народная, 19, Россия
sennikovnv@ipgg.sbras.ru*

Аннотация. Выполнен лито- и биостратиграфический анализ серии опорных ордовикских разрезов в пяти различных блоках Салаира: Западно-Бердском (Медведковском), Восточно-Бердском, Краснянском, Гурьевском и Ельцовском. Приведены современные данные по 9-ти палеонтологически охарактеризованным преимущественно терригенным и реже терригенно-карбонатным разрезам, содержащим пачки карбонатных пород и эффузивных образований в виде лав, а также туфы и туфопесчаники. Ордовикская терригенная седиментация в рассматриваемом регионе осложнялась этапами вулканогенного осадконакопления. Вулканогенно-осадочные образования зафиксированы на Салаире в широком возрастном диапазоне на четырех биостратиграфически датированных уровнях: 1) тремадокском, 2) позднефлоском, 3) средне-позднедарривилском, 4) позднекатийско-хирнантском.

Ключевые слова: ордовик, Салаир, биостратиграфия, терригенная седиментация, вулканогенные образования.

BIOSTRATIGRAPHY AND VOLCANISM IN ORDOVICIAN OF SALAIR

**N.V. Sennikov^{1,2}, O.T. Obut^{1,2}, E.V. Lykova¹, V.N. Tokarev³, A.V. Timokhin¹, T.A. Shcherbanenko¹,
I.G. Zakiryaynov^{1,2}**

¹*Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics Siberian Branch of RAS, 630090, Novosibirsk, acad. Koptug av., 3, Russia*

²*Novosibirsk State University, 630090, Novosibirsk, Pirogova st., 1, Russia*

³*«Zapsibgeols'emka», 654032, Novokuznetsk, Narodnaya st., 19, Russia*

Abstract. Litho- and biostratigraphic analysis of number of reference Ordovician sections characterize five different blocks of Salair including West-Berd' (Medvedkovo), East-Berd', Krasnoe, Gurievsk and Eltsovka were done. Modern data on nine mainly terrigenous and rare carbonate-terrigenous sections yielded fossils and composed of carbonate units and volcanic rocks including tuff and tuff-sandstone, rarely lavas, were described. Ordovician terrigenous sedimentation in the region under investigation was complicated by stages of volcanic sedimentation. Volcanic-sedimentary sequences were found at four biostratigraphically dated levels in Salair region: 1) Tremadocian, 2) late Floian, 3) middle – late Darriwilian, 4) late Katian – Hirnantian.

Keywords: Ordovician, Salair, biostratigraphy, terrigenous sedimentation, volcanic rocks.

ВВЕДЕНИЕ

Ордовикские стратифицированные образования в различных геологических регионах мира сложены осадочными и вулканогенно-осадочными последовательностями различного генезиса: а) морского [Mangano et al., 2003; Toselli et al., 2003; Ordovician..., 2003, 2011; The Global..., 2007; Ryazantsev et al., 2007; Каныгин и др., 2007, 2017; Дегтярёв, 2012; Ernst, Youbi, 2017; Сенников и др., 2017, 2018, 2023; Zhang et al., 2019; Gradstein et al., 2020; Lu et al., 2022; Ordovician..., 2023; Proceedings..., 2023; Fang et al., 2024], б) континентального, озёрно-речного [Сенников, 2023] и в) океанического [Никитин, 2002; Сенников и др., 2003, 2011; Sennikov et al., 2004].

До недавнего времени общепризнанно считалось, что западная окраина южно-сибирской горного региона, именуемая Салаирским кряжем (Салаиром), после окончания позднекембрийско-раннеордовикского (тремадокского) этапа магматической, в том числе вулканической, деятельности развивалась до среднего девона подобно Алтайскому региону, то есть в режиме пассивной континентальной окраины [Добрецов, Буслов, 2007; Сараев и др., 2023]. Как правило, в литературе на ордовикско-раннедевонском стратиграфическом интервале эти два палеобассейна так и именовались, в том числе и авторами настоящей статьи, одним термином – «Алтае-Салаирский морской шельфовый бассейн – или группа бассейнов» [Елкин и др., 1994; Сенников, 2008].

В последние годы авторы настоящей статьи стали обращать внимание [Сенников, Буколова, 2010; Сенников и др., 2013, 2022] на ряд палеонтологических, биостратиграфических, седиментологических и палеогеографических данных, указывающих на значительные различия салаирских ордовикских разрезов от одновозрастных алтайских разрезов. Имеются сведения о кардинальных отличиях истории развития Салаирского и Алтайского палеобассейнов на более молодом – девонском возрастном срезе [Гутак, 2018; Сараев и др., 2023]. Данная статья посвящена исследованиям седиментологических последовательностей ордовика Салаира с включениями вулканогенных отложений и эффузивов, с целью реконструкции этапности вулканогенных событий.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ САЛАИРА И РАНЕПАЛЕОЗОЙСКОЙ ИСТОРИИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ

Геологической истории развития складчатого сооружения Салаир, как одного из обособленных крупных мегаблоков геологических структур Алтае-Саянской складчатой области уделяется много внимания, значительная часть из которого относится к изучению его строения и этапов эволюции на мезозойском и мезозойско-кайнозойском временных интервалах [Гутак, 2021; Новиков и др., 2022; Жимулёв и др., 2022, 2023а]. В настоящее время Салаирский мегаблок (Салаирский террейн – по [Добрецов, Буслов, 2007]) представляет из себя аллохтонное складчатое сооружение, надвинутое на структуру позднепалеозойского угленосного континентального бассейна Кузнецкого прогиба по системе чешуйчатых надвигов [Бартнев и др., 2001; Государственная..., 2007, 2015а, 2019; Жимулёв и др., 2022]. По данным магнитотеллурического зондирования [Жимулёв и др., 2022] толщина Салаирского мегаблока, сложенного венд-ранне-среднепалеозойскими стратифицированными образованиями достигает 15-20 км, а нижняя его граница, с областью низких сопротивлений, отвечает зоне субгоризонтального разделительного срыва.

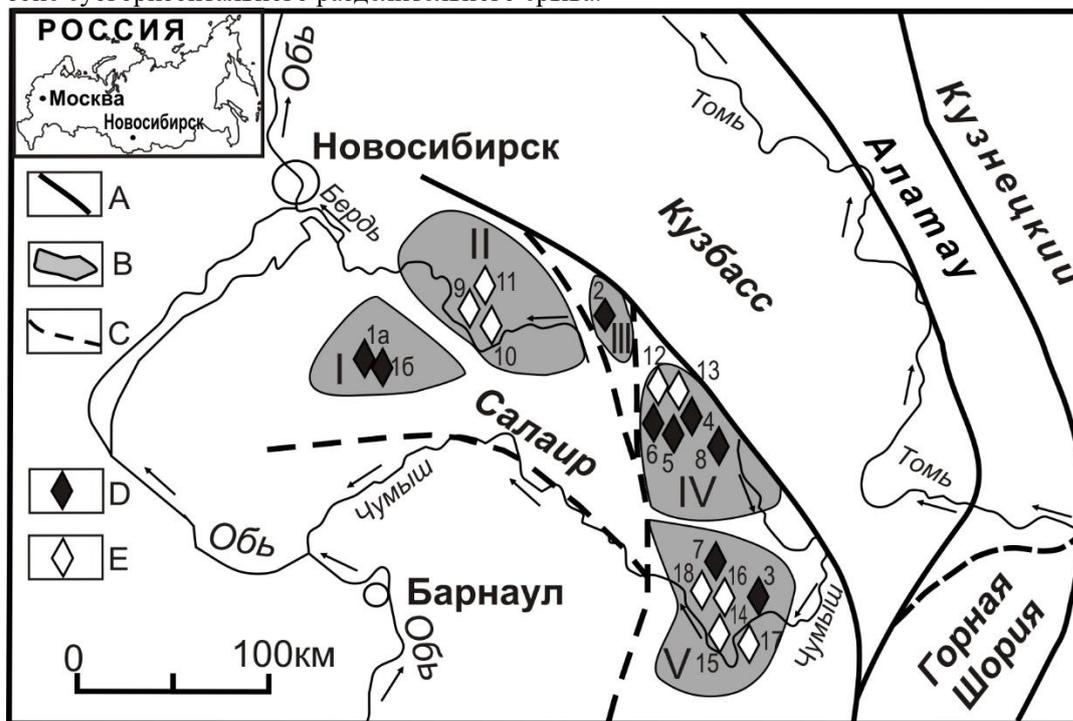


Рис. 1. Районы исследований ордовикских отложений Салаира.

А – границы крупных региональных структур Алтае-Саянской складчатой области; В – поля выходов ордовикских отложений; С – границы между блоками: I – Западно-Бердским (Медведковским), II – Восточно-Бердским, III – Краснянским, IV – Гурьевским, V – Ельцовским; D – разрезы с новыми данными (2020–2023 гг): 1а, 1б – “Медведковский карьер”, 2 – “Красное”, 3 – “Мурашовка”, 4 – “Канавы Янишевского”, 5 – “Коровий пруд”, 6 – “Войковская улица”, 7 – “Родниковка”, 8 – “Юрман”; E – ранее опубликованные и другие разрезы, упоминаемые в настоящей работе: 9 – “Изырак”, 10 – “Зайчиха”, 11 – “Александровка”, 12 – “Водоотводная канава”, 13 – “Спорная сопка”, 14 – “Ельцовка”, 15 – “Осиновка”, 16 – “Ельцовский карьер”, 17 – “Бобровка”, 18 – “Новокаменка”.

В тоже время сам Салаирский мегаблок, судя по исследованиям кембрийских и ордовикских стратифицированных осадочных и вулканогенно-осадочных образований, неоднороден и сложен пластинами (или блоками) [Бартнев и др., 2001; Государственная..., 2007; Жимулёв и др., 2022]. По данным геолокартирования на Салаире выделяются две, осложняющие строение аллохтона, покровно-складчатые зоны: Бердско-Ельцовская и Каимско-Аламбайская, а в центральной части региона – сутурная зона, сложенная рифейско-раннепалеозойскими вулканогенно-осадочными образованиями

островодужного и океанического генезиса [Государственная..., 2007]. Часть из пластин имеет собственные географические наименования и относится к аллохтонам, а другая часть именуется блоками [Государственная..., 2007].

Салаир, за исключением небольших по размерам мезозойско-кайнозойских впадин (грабен) [Новиков и др., 2022; Жимулёв и др., 2022, 2023а] сложен рифей?-венд-ранне-среднепалеозойскими вулканогенными, вулканогенно-осадочными и осадочными образованиями. Эти образования разбиты сериями (предположительно триасовых) протяженных разломов – Присалаирским, Мунгайско-Бирюлинским, Бердским на отдельные блоки [Государственная..., 2007]. До недавнего времени, отдельные участки на Салаире, с различными наборами ордовикских свит, именовались структурно-фациальными зонами – в соответствии с географическими названиями, соответственно, Бердской, Краснянской и Гурьевско-Ельцовской зонами [Сенников и др., 2018]. В настоящей работе такие фрагменты геологического строения региона понимаются как блоки (или пластины в крупном аллохтоне) в составе Салаирского мегаблока (террейна) и к ним, для преемственности, применяются, с некоторой детализацией, устоявшиеся перечисленные наименования.

Ранне-среднепалеозойская история развития Салаирского бассейна (вероятнее всего, серии сближенных бассейнов), изучена значительно менее подробно, чем постпалеозойский этап эволюции его структур [Свиридов и др., 1999; Росляков и др., 2001; Государственная..., 2007, 2015а, 2019].

Отдельные аспекты истории развития Салаирских осадочных бассейнов в кембрии рассмотрены в ряде публикаций [Государственная..., 2007, 2015а, 2019; Сенников и др., 2014а; Sennikov et al., 2017; Жимулёв и др., 2023б и др.]. Современная информация о литологическом строении разрезов, о седиментологических особенностях и таксономическом составе палеобиот ордовикских и силурийских Салаирских бассейнов содержится в работах по биостратиграфии, палеонтологии и палеогеографии [Елкин и др., 1994; Сенников и др., 2018, 2019, 2021 и др.].

Ордовикские отложения на Салаире выходят на дневную поверхность, как уже отмечалось, выше, в различных блоках региона - в Западно-Бердском (Медведковском), Восточно-Бердском, Краснянском, Гурьевском и Ельцовском (рис. 1, 2). Их выходы на современном срезе Салаира разделены разрывными нарушениями и полями выходов более древних кембрийских и более молодых силурийско-девонских осадочных и вулканогенно-осадочных образований.

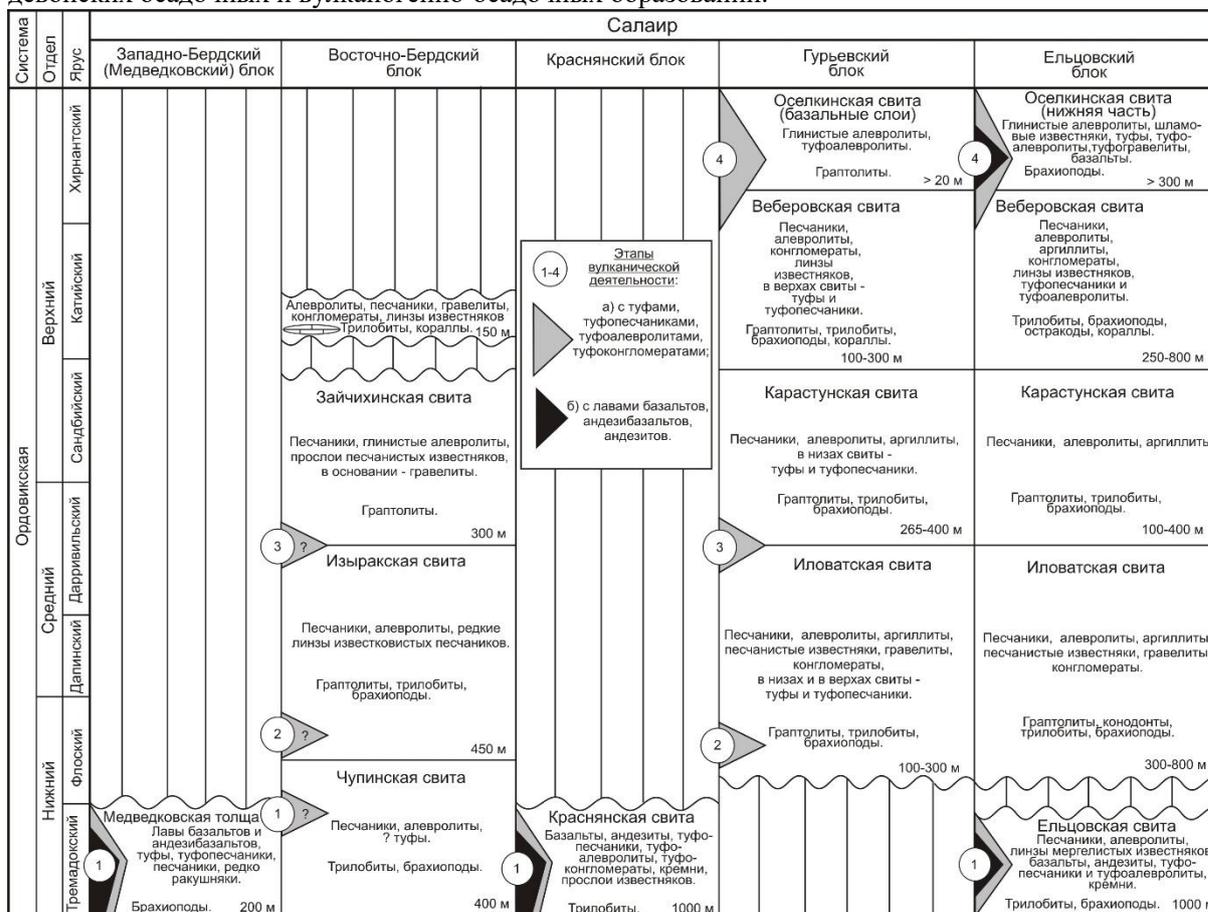


Рис. 2. Салаирский фрагмент Региональной стратиграфической схемы ордовикских отложений западной части Алтас-Саянской складчатой области (из [Сенников и др., 2018] с изменениями и дополнениями по уровням проявления вулканической деятельности).

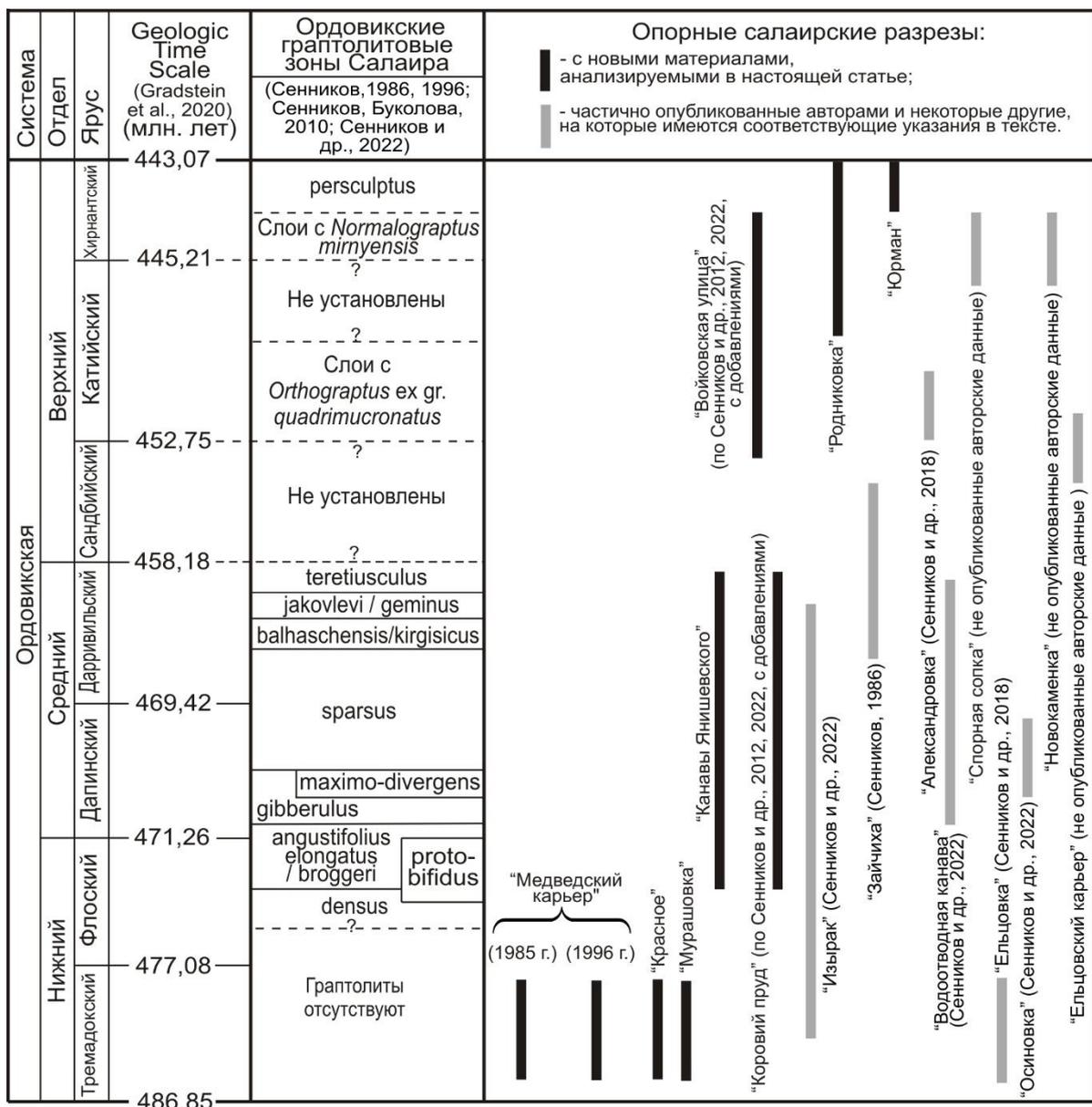


Рис. 3. Биостратиграфическое сопоставление опорных ордовикских разрезов Салаира.

Одними из ярких региональных событий раннепалеозойской истории развития Салаира являются многочисленные этапы магматической деятельности в кембрийском периоде, последний из которых закончился в начале ордовика, в тремадоке. Проявление на Салаире магматической деятельности в конце кембрия – начале ордовика (тремадок) было обнаружено уже давно и изучено сравнительно детально [Фомичев, Алексева, 1961; Налетов, Сидоренко, 1970; Меньшиков и др., 1988; Свиридов и др., 1999; Росляков и др., 2001; Государственная..., 2007, 2015а, 2019]. В большинстве выше цитированных источников имеется принимаемое всеми специалистами положение о том, что после резкого прекращения островодужного вулканизма в начале ордовика (конец тремадодского века) на Салаире установился режим пассивной окраины Сибирского кратона [Елкин и др., 1994; Добрецов, Буслов, 2007; Сенников, 2008; Сараев и др., 2023].

Относительно недавно были получены материалы по новому эпизоду магматической активности на Салаире в пограничном ордовикско-силурийском интервале. Биостратиграфическая привязка этих данных проводилась при непосредственном участии авторов настоящего сообщения [Гусев и др., 2018; Токарев и др., 2018; Sennikov et al., 2019]. Вследствие того, что отмеченные материалы были опубликованы исключительно в трудах конференций, к сожалению, с ними смог ознакомиться только небольшой круг специалистов. В настоящей работе они впервые приводятся в полном объеме (описание разрезов, палеонтологическая характеристика, геохимические параметры, изотопный возраст и т.д.).

Авторы настоящего сообщения поставили перед собой следующую цель: по литологическим, петрографическим и биостратиграфическим данным определить, было ли прекращение (остановка) вулканической деятельности на протяжении ордовика (с начала флоского по конец катийского веков)

Позднекембрийско-раннеордовикский комплекс Салаира часто именуется чебуринско-краснянским риолит-трахибазальтовым [Свиридов и др., 1999]. Для него характерны: в субвулканической фации – трахибазальты, трахиандезибазальты, диорит-порфиры, а в покровной фации – риодациты, андезиты, трахиандезибазальты, базальты, редко трахиты. Такие образования на интервале раннего ордовика (тремадока) входят в состав краснянской, ельцовской и медведковской свит (для последней чаще используется термин толща). В разрезах «Медведковский карьер» (рис. 4) в Западно-Бердском блоке в медведковской толще западно-салаирской серии развита не менее чем 100-метровая вулканогенно-осадочная последовательность андезитовых порфиритов и их туфов, а также алевролитов и туфопесчаников. Имеется информация о присутствии в этой толще шести покровов эффузивов [Государственная..., 2007].

Вулканиды медведковской толщи, относимые к чебуринско-краснянскому риолит-трахибазальтовому комплексу, характеризуются средней глиноземистостью ($Al_2O_3 = 15-19\%$), низкой титанистостью ($TiO_2 = 0,7-1,3\%$) и высоконатриевым типом щелочности. Распределение редких элементов типично для вулканидов субдукционных обстановок. Выражены максимумы концентраций U, Pb, Sr, минимумы Rb, Ta, Nb. На дискриминационных диаграммах вулканидам соответствуют поля островодужных базальтов [Свиридов и др., 1999; Государственная..., 2015а, 2015б].

Среди тремадоской вулканогенно-осадочной последовательности медведковской толщи встречаются слои и линзы туфопесчаников, алевролитов и песчаных известняков преимущественно зеленого цвета (см. рис. 4). В алевролитах имеются несколько уровней мощностью 0,3–0,7 м с брахиоподовым ракушняком, в которых определены *Apheorthis kuznekiensis* Severg., *Aph. vicina* (Walcott), *Aph. cf. melita* (Hall et Whiffeld) [Свиридов и др., 1999; Сенников и др., 2018]. Подобные ракушняковые (трилобито-брахиоподо-криноидные) слои песчаных известняков (0,3–0,5 м) обнаружены и в Ельцовском блоке Салаира (см. ниже разрез «Мурашовка»).

В Западно-Бердском блоке Салаира, скважинами вблизи с. Егорьевское вскрыт Новолушниковский массив плагигранитов с К-Аг датировкой (по валу) – 483 ± 1 млн. лет [Свиридов и др., 1999; Государственная..., 2015б], что соответствует тремадоку. Однако, имеются и другие данные по оценке возраста по плагиоклазу Аг-Аг методом в 248 ± 12 и 254 ± 9 млн. лет, а по полевому шпату из дайки плагипорфиров изохронный возраст составляет 274 ± 11 млн. лет [Росляков и др., 2001].



Рис. 5. Литологическая колонка и распространение фаунистических остатков в разрезе «Красное» (координаты верхней части разреза $54^{\circ} 35' 50''$ с.ш., $085^{\circ} 25' 00''$ в.д.) (по [Бессоненко, Петрунина, 1972; Государственная..., 2019] с авторскими уточнениями).

Условные обозначения см. рис. 4.

В Краснянском блоке Салаира (см. рис. 1, 2) проявлен чебуринско-краснянской риолит-трахибазальтовый комплекс (по [Государственная..., 2015a]) позднего кембрия – раннего ордовика (тремадока). Субвулканические образования орлиногорско-ариничевского и чебуринско-краснянского комплексов выделялись в самостоятельный салаирский габбро-диорит-диабазовый комплекс [Государственная..., 2019].

В эффузивно-осадочной нижнеордовикской краснянской свите в разрезе «Красное» (рис. 5) в редких маломощных слоях окремнённых аргиллитов (до кремней) известен богатый комплекс трилобитов тремадокского возраста: *Euloma* sp., *Ottenbiaspis* sp., *Niobella* sp., *Diceratopyge tenuispina* Petrun., *Lusampa cupoides* Petrun. [Бессоненко, Петрунина, 1972; Петрунина, 1990; Сенников и др., 2018; Государственная..., 2019].

Вулканиты в тремадокской краснянской кремнисто-эффузивно-терригенной свите дифференцированы по составу от лейкобазальтов до плагиориодацитов. Породы базальтоидной группы по сравнению с аналогичными образованиями кембрийского ариничевского комплекса Салаира более лейкократовые и высоко-глинозёмистые. Среди них преобладают андезибазальты и андезиты известково-щелочной серии. Повышенная щелочность базальтоидов объясняется их натриевым метасоматозом [Государственная..., 2007, 2019]. Базальтоиды и риолитоиды характеризуются весьма низкой калиевокостью [Государственная..., 2019].

Мощность разреза «Красное» в Краснянском блоке Салаира составляет около 950 м. В нём, вместе с зелено-серыми плагиоклаз-порфировыми базальтами, псефитовыми и псаммитовыми тефроидами, плагиоклаз-пироксен-порфировыми андезитами, присутствуют красные и зелёные кремни, а также аргиллиты. В последних имеются многочисленные находки трилобитов (см. выше), а кремни содержат редкие остатки радиолярий.

В Ельцовском блоке Салаира (см. рис. 1, 2) на тремадокском стратиграфическом уровне располагается ельцовская свита, состоящая из туфов, андезитов, туфоалевролитов, туфопесчаников, алевролитов, аргиллитов, пёстроцветных песчаников. В туфопесчаниках и алевролитах ельцовской свиты в различных разрезах определены брахиоподы *Apheorthis kousnezkiensis* Sever., *Aph. vicina* (Walcott) [Севергина, 1984]. Трилобиты в ельцовской свите встречаются как в известняках (линзовидные тела), так и в алевролитах. Среди трилобитов наиболее характерным таксоном для стратотипа ельцовской свиты по р. Ельцовка является *Amzasskiella mirabilis* Petrun. [Петрунина, 1990]. В ельцовской свиты разрез «Мурашовка» в той же части Ельцовского блока Салаира, который состоит из андезитов, туфов, туфопесчаников, плохо сортированных и слабо окатанных конгломератов и алевролитов, встречен слой (от 0,3 до 0,5 м) песчанистых обломочных и биолититовых известняков, в котором установлены трилобиты *Tersella* sp., *Niobella* sp., *Ishpella* sp., *Micropyge* sp., *Symphysurus* sp., *Apatokephalus* sp., *Ceratopyge* sp., Asaphidae [Сенников и др., 2018] (см. рис. 6).

В конце тремадока палеобассейн в Восточно-Бердском блоке Салаира был наиболее глубоководным, о чём свидетельствует непрерывность осадконакопления на границе тремадокского и флоского веков (чупинская свита) [Свиридов и др., 1999; Сенников и др., 2018; Государственная..., 2019]. В других частях Салаира в хроностратиграфическом объёме ранней трети флоского века наблюдаются перерывы в седиментации, сопровождающиеся угловыми и азимутальными несогласиями. Наличие регионального перерыва кроме оценки глубин палеобассейна может служить косвенным подтверждением смены режима развития Салаирских ордовикских бассейнов.

Окончание тремадокского этапа магматизма на Салаире условно сопоставляется с началом флоского века. Однако, нельзя исключить, что это региональное геологическое событие произошло в середине тремадока.

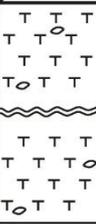
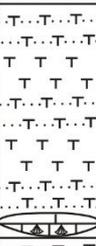
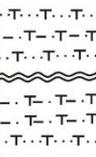
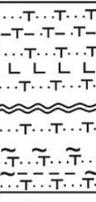
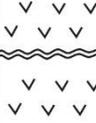
Система	Отдел	Ярус	Свита	Пачка	Мощность, в метрах	Литология	Трилобиты	Другие группы
Ордовикская	Нижний	Тремадокский	Ельцовская	10	>20	 <p>Туфы, плохо окатанные, среднего состава, массивные, зеленовато-серые. Встречаются линзовидные тела конгломерато-брекчий. В обломках (диаметр от 1 до 15 см) встречаются эффузивы среднего и основного состава, а также не окатанные и слабо окатанные «обрывки» слоёв алевролитов и песчаников (мощность 3-5 см, длина 10-30 см). Псефитовые обломки занимают от 5-10 до 30% объёма породы.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ <i>Tersella</i> sp. ■ <i>Nicobella</i> sp. ■ <i>Ishpella</i> sp. ■ <i>Microptyge</i> sp. ■ <i>Symphysurus</i> sp. ■ <i>Apatokephalus</i> sp. ■ <i>Ceratopyge</i> sp. ■ Asaphidae ■ Криноидеи ■ Брахиоподы 	
				9	3	 <p>Туфы андезитового состава, крупно-среднезернистые, тонко полосчатые, желтовато-серые.</p>		
				8	0,3	 <p>Туфоаргиллиты и аргиллиты, тонко полосчатые, зеленовато-серые с синеватым отливом.</p>		
				7	1,5	 <p>Туфопесчаники средне- крупно-зернистые, плохо сортированные и плохо окатанные, андезитового состава.</p>		
				6	3	 <p>Туфы и туфопесчаники крупнозернистые до гравелитистых, средней сортированности и средней окатанности, красно-коричневые, местами сильно известковистые. Часто встречаются обломки криноидей, реже брахиопод. В основании пачки встречены ракушняка, представленные 30-40 см прослоем линзовидной формы известковистого крупнозернистого туфопесчаника с многочисленными обломками трилобитов (до ракушняков). По простиранию на север в составе этой пачки имеется (гипсометрически выше карьера) линзовидное тело известняков обломочных (до ракушняков), серых, с трилобитами, брахиоподами, криноидеями, мощностью 0,5 м и длиной до 10 м.</p>		
				5	1,5-1,7	 <p>Туфопесчаники мелкозернистые, массивно-слоистые (0,3-0,5 м), слабо известковистые, зеленовато-серые и шоколадно-лиловые. Местами наблюдается косая слоистость</p>		
				4	>2	 <p>Алевролиты и алевропесчаники, массивно-слоистые (0,5-1,0 м), стально-серого цвета.</p>		
				3	15	 <p>Туфоалевролиты и туфопесчаники мелко-среднезернистые, плохо окатанные и средне-сортированные, среднего и основного состава (от андезитового до базальтового). Иногда наблюдается полосчатость 5-1-15 см.</p>		
				2	17	 <p>Туфопесчаники и редкие потоки базальтов, кавернозные, реже массивные. Туфопесчаники мелко-среднезернистые, плохо окатанные, средне-сортированные. В туфопесчаниках наблюдается полосчатость 3- 5 см. Встречаются зеленовато-серые туфоалевролиты и единичные прослои аргиллитов кремнистых (до кремней), зелёного цвета.</p>		
				1	>10	 <p>Андезиты массивные и кавернозные, зеленоватые.</p>		

Рис. 6. Литологическая колонка и распространение фаунистических остатков в разрезе «Мурашовка» (координаты начала разреза – 53° 15' 40" с.ш., 086° 16' 55" в.д.).

Условные обозначения см. рис. 4.

В соседнем (через позднепалеозойскую структуру Кузбасса) с Салаиром складчатом сооружении Кузнецком Алатау, в двух его блоках (Золотокитатском и Мартайгинском), распространена тремадокская тайменская свита, состоящая из базальтов, андезибазальтов, туфов, конгломератов, песчаников, алевролитов и известняков [Снежко, 1967; Налетов, Сидоренко, 1969; Гладких, 1972; Стратиграфический..., 1975; Решения..., 1983; Государственная..., 2007; Сенников и др., 2018], сходная по составу с тремадокской ельцовской свитой Салаира.

Во флоском, дапинском, дарривильском, сандбийском и катийском веках в Салаирском бассейне формировались терригенные морские осадки – аргиллиты, алевролиты, песчаники, туфопесчаники, гравелиты, редко конгломераты, формирующие изыракский, зайчихинский, иловатский, карастунский и веберовский местные стратоны, суммарной мощностью до 2 и более км. Во всех перечисленных свитах известны богатые и разнообразные комплексы бентосной и пелагической фауны (трилобиты, брахиоподы, граптолиты, конодонты, кораллы и др.), позволяющие датировать вмещающие их осадочные образования с точностью до века или его части.

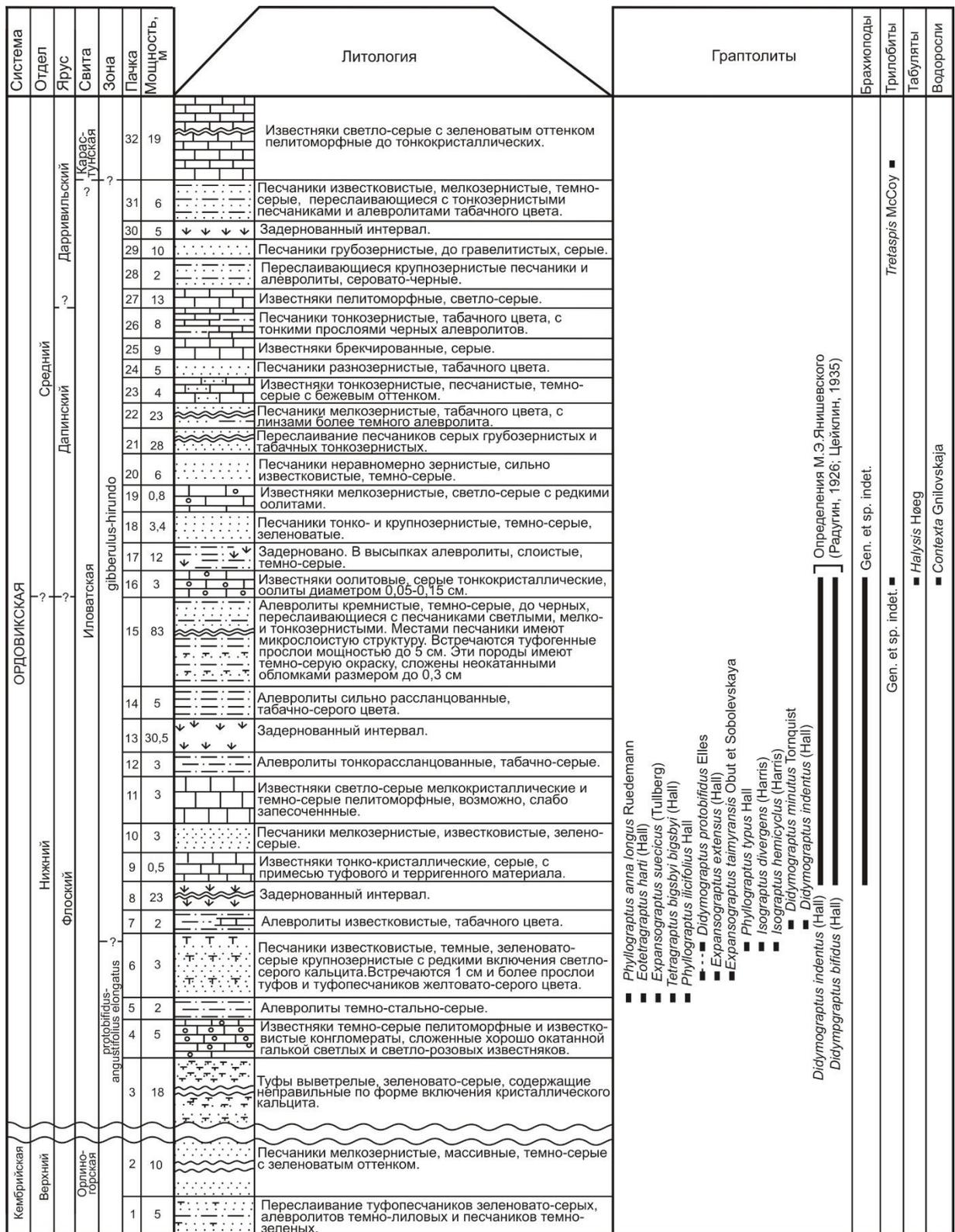


Рис. 7. Литологическая колонка и распространение фаунистических остатков в разрезе «Канавы Янишевского» (координаты средней части разреза – 54° 16' 25" с.ш., 086° 01' 35" в.д.).
Условные обозначения см. рис. 4.

Следует отметить, что в Гурьевском блоке Салаира на северном склоне горы Орлиная у города Гурьевск, в иловатской свите в разрезе «Канавы Янишевского» (см. рис. 7) на хроностратиграфическом уровне поздней части флоского века (граптолитовая зона *protobifidus/angustifolius elongatus*) вместе с алевролитами и песчаниками часто встречаются 0,3–0,5 см, реже 5 см слои туфов и туфопесчаников. Таким образом, продолжительность интервала отсутствия свидетельств вулканической деятельности во флоском веке в Салаирском бассейне не более 2–5 млн. лет (3–4 граптолитовые зоны – *approximatus*, *balticus*, *densus*), а интервал эпизода вулканической деятельности с образованием туфов – не более 1–2 млн. лет (1–1,5 граптолитовых зоны – *protobifidus/angustifolius elongatus*). В других районах Салаира

(Ельцовский, Западно-Бердский, Восточно-Бердский и Краснянский блоки) пока нет достоверных сведений о проявлении позднефлоской вулканической деятельности.

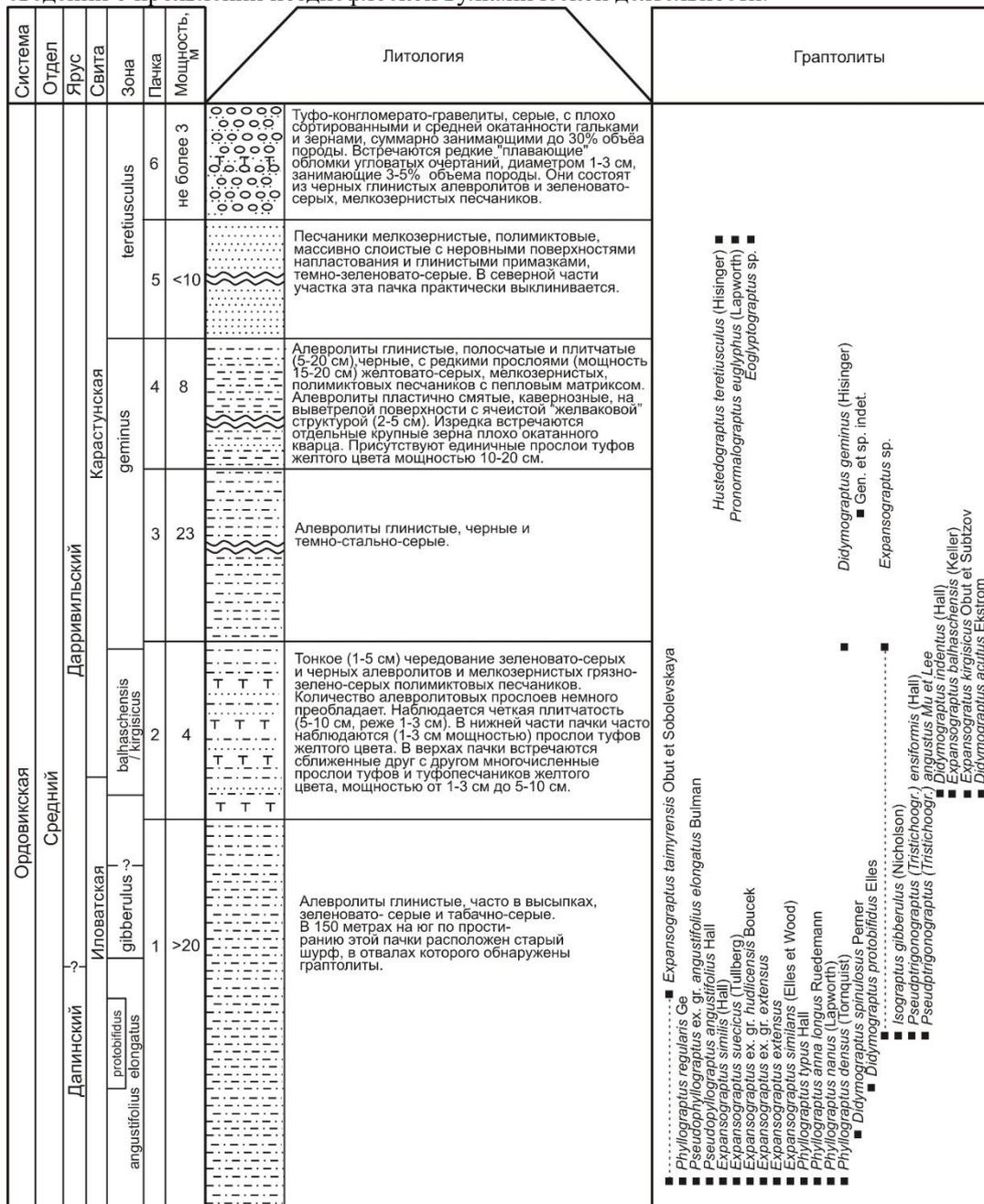


Рис. 8. Литологическая колонка и распространение фаунистических остатков в разрезе «Коровий пруд» (координаты нижней части разреза – 54° 16' 25" с.ш., 086° 00' 10" в.д.). Условные обозначения см. рис. 4.

Работами последних лет авторов настоящего сообщения в биостратиграфически расчленённом, хорошо палеонтологически охарактеризованном разрезе карастунской свиты «Коровий пруд» в Гурьевском блоке Салаира у города Гурьевск установлены многочисленные слои туфов и туфопесчаников (см. рис. 8, рис. 9, фиг. 7–9; рис. 10). Туфы по составу плагиобазальтовые, псаммитовые, витро–литокристаллокластические. Стекловатой массы мало. В туфах содержатся обломки базальтов (реже плагиобазальтов), при этом кристаллы плагиоклаза погружены в стекловатую плохо раскристаллизованную массу. Встречаются обломки, состоящие из стекла – такие же округлённые, как и обломки плагиобазальтов. Их содержание в шлифах не превышает 2% (а в сумме с обломками плагиобазальтов – не более 10–15% от площади шлифа). Поэтому нельзя относить такие породы к туффитам, в которых должно наблюдаться более 50% перемытого пирокластического материала. Элементный состав туфов и переслаивающихся с ними туффитов разреза «Коровий пруд», а также туфов разреза «Войковская улица» представлен в Дополнении-приложении 1). Примечательно, что эти туфы чередуются с песчаниками и алевролитами, содержащими пелагические фаунистические остатки хорошей сохранности – граптолиты (см. табл. I).

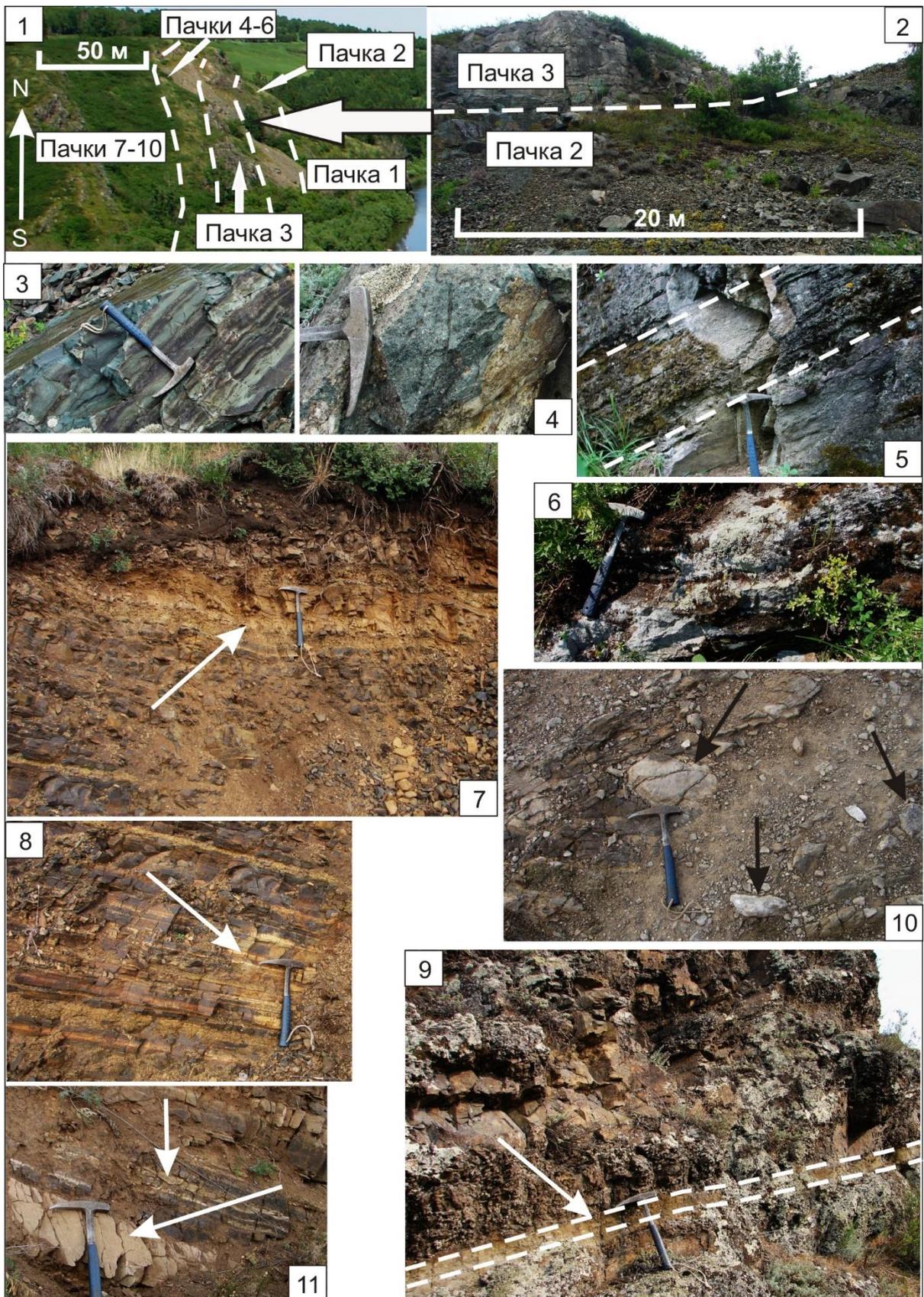


Рис. 9. Фотографии разрезов и литологических особенностей ордовикских палеонтологически охарактеризованных вулканогенно-осадочных образований Салаира.

Фиг. 1–6 – разрез «Мурашовка»: 1 – панорама (вид сверху, с юга), 2 – нижняя часть разреза (вид снизу, с востока), 3 – кремни в первой пачке; 4 – базальты в первой пачке, 5 – прослой ракушняка в шестой пачке, 6 – линза известняков в шестой пачке; фиг. 7–9 – разрез «Коровий пруд»: 7, 8 – прослой туфов во второй пачке, 9 – прослой туфов в четвёртой пачке; фиг. 10, 11 – разрез «Войковская улица»: 10 – линзы известняков 10-ой пачки, 11 – прослой туфов в 11-ой пачке.

Таблица I



Табл. I. Граптолиты из алевролитов (включая и туфоалевролиты) и песчаников, чередующихся друг с другом и со слоями туфов (разрез «Коровий пруд»).

Фиг. 1 – *Phyllograptus typus* Hall; фиг. 2 – *Didymograptus spinulosus* Perner; фиг. 3 – *Hustedograptus teretiusculus* (Hisinger); фиг. 4 – *Pseudotrigonograptus angustus* Mu et Lee; фиг. 5 – *Pronormalograptus euglyphus* (Lapworth); фиг. 6 – *Phyllograptus regularis* Mosen; фиг. 7, 10 – *Phyllograptus angustifolius* Hall; фиг. 8, 10 – *Phyllograptus densus* Tornquist; фиг. 9 – массовое захоронение представителей рода *Phyllograptus* Hall, предположительно, произошедшее в результате пеплопада; фиг. 11 – *Phyllograptus densus* Tornquist; фиг. 12 – *Didymograptus acutus* Ekström; фиг. 13 – *Didymograptus nanus* (Lapworth). Коллекционные номера: 2128/1 – 2128/13.

Рассматриваемый хроностратиграфический интервал, насыщенный слоями с туфовым материалом, на Салаире охватывает среднюю и позднюю части дарривильского века конца среднего ордовика (граптолитовые зоны *balhaschensis/kirgisticus*, *geminus*, *teretiusculus*) и имеет продолжительность не менее 5–7 млн. лет. Это третий этап проявления в ордовикском Салаирском седиментационном бассейне вулканической деятельности. Для других районов Салаира (Ельцовский и Краснянский блоки) пока нет достоверных данных о проявлении средне–позднедарривильской вулканической деятельности. В то же время, ранее [Фомичев, Алексеева, 1961; Белоусов и др., 1969] в Восточно-Бердском блоке Салаира отмечалась возможность присутствия в среднем отделе ордовика различных туфов и, дополнительно к ним, покровов плагиоклазовых порфиритов.

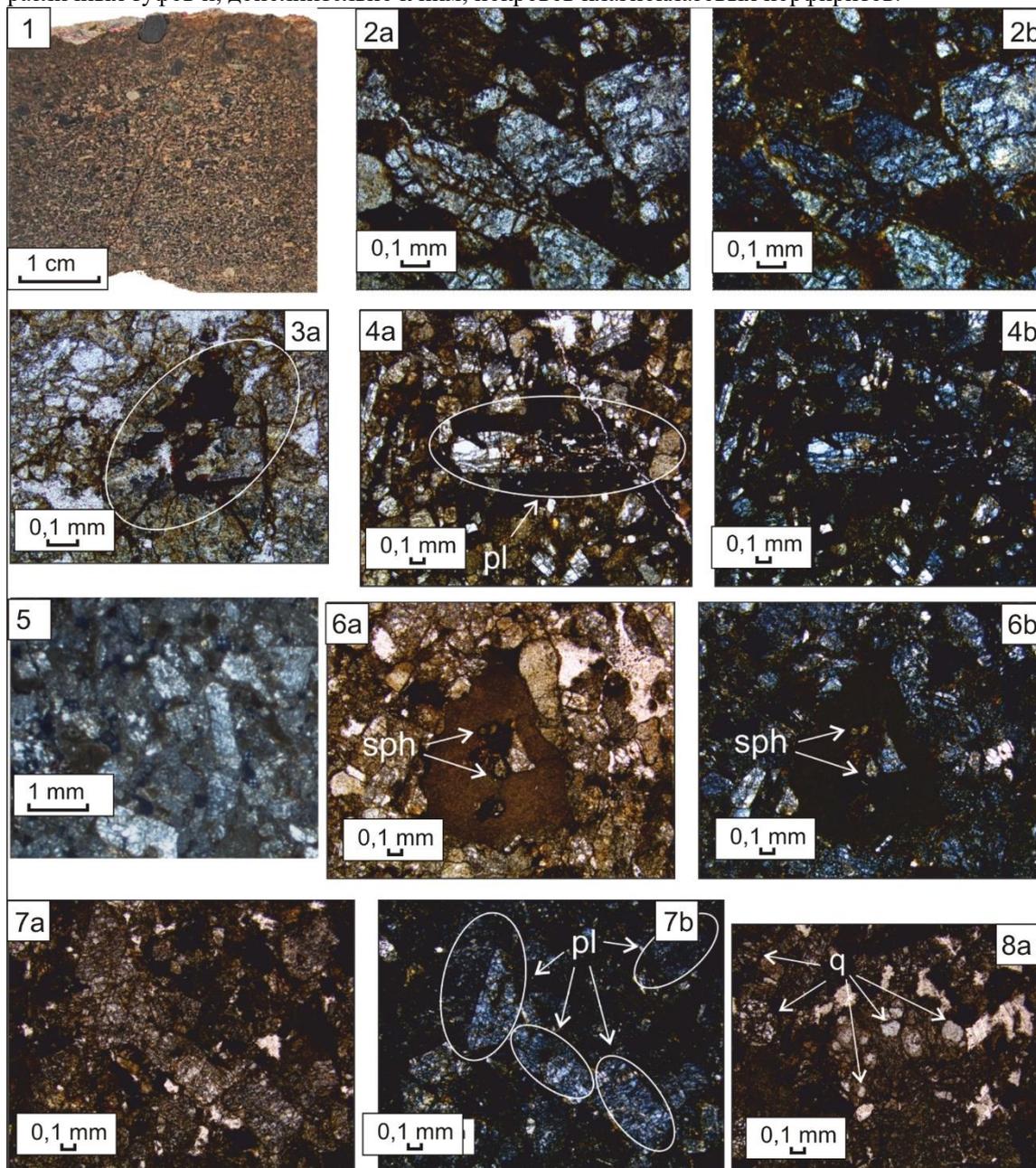


Рис. 10. Фотографии шлифов среднеордовикских туфов Салаира.

Фиг. 1-8 - первая пачка разреза «Коровий пруд»: 1 - образец туфа с многочисленными обломками вулканических пород и кристаллами полевых шпатов и кварца, скреплённых стекловатой массой; 2 – глинисто–железистый цемент на краях литокластов; 3 - рудные минералы; 4 - кристаллы плагиоклаза, в том числе, разбитые трещинами и частично замещённые рудными минералами; 5 – общий вид туфа в шлифе; 6 – шпинель; 7, 8 - обломки с зёрнами кварца и микролитами плагиоклаза. Фото: (а) – без анализатора, (b) – с анализатором.

До начала выше рассмотренного третьего этапа вулканической активности Салаирские ордовикские бассейны на протяжении около 7 млн. лет (дапинский век – иловатская и изыракская свиты, граптолитовые зоны *gibberulus*, *maximo-divergens*, *sparsus*) развивались в режиме предполагаемого амагматического этапа заполнения прогибающейся задуговой (или междуговой) впадины. По характеру осадков (черносланцевый тип седиментации), их фациальной выдержанности и закономерностям

проявления глобальных T-R трендов, дапинские Салаирские амагматичные, осадочные последовательности близки к последовательностям шельфовых бассейнов пассивных окраин континентов, например, к последовательности Алтайского морского бассейна [Сенников и др., 2018].

После третьего ордовикского этапа вулканической деятельности в Салаирских бассейнах на протяжении сандбийского века и первых двух частей катийского века (около **10 млн.** лет) предполагается очередной амагматичный этап заполнения впадин. В разрезах верхних частей карастунской и зайчихинской свит породные ассоциации представлены монотонными, терригенными, тонкозернистыми, тёмноцветными, относительно глубоководными образованиями.

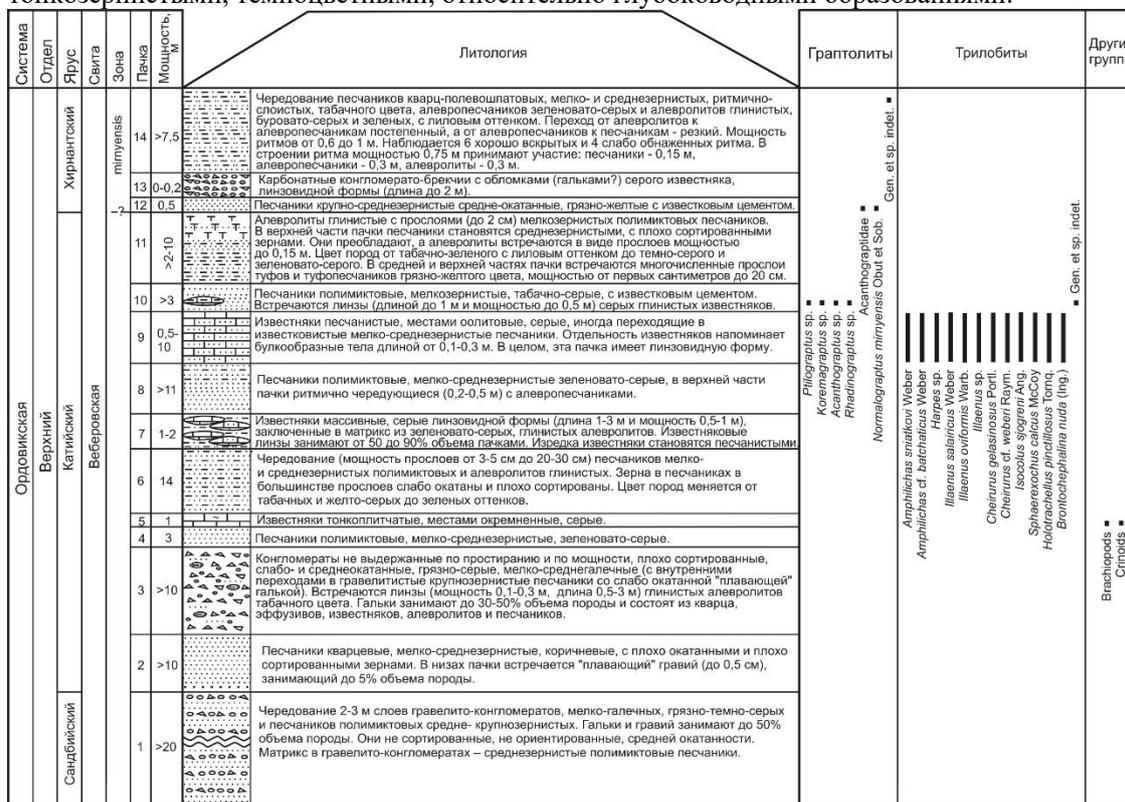


Рис. 11. Литологическая колонка и распространение фаунистических остатков в разрезе «Войковская улица» (координаты верхней части разреза – 54° 16' 40" с.ш., 085° 58' 20" в.д.). Условные обозначения см. рис. 4.

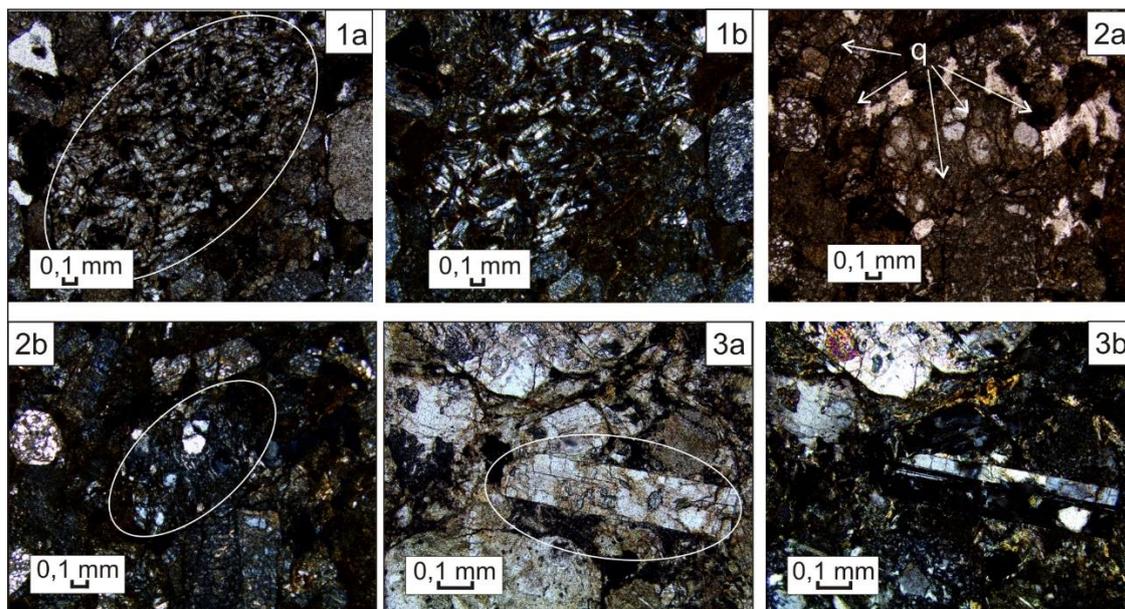


Рис. 12. Фотографии шлифов верхнеордовикских туфов Салаира. Фиг. 1-2 - одиннадцатая пачка разреза «Войковская улица»: 1 - обломки с микролитами плагиоклазов; 2 - обломки с зёрнами кварца и микролитами плагиоклаза; 3 - кристалл плагиоклаза. Фото: (а) – без анализатора, (б) – с анализатором.

В разрезах веберовской и оселкинской свит конца ордовика (конец катийского и хирнантский века) Гурьевский и Ельцовский блоки Салаира уже давно были известны нередко встречающиеся и, чаще всего, интерпретируемые как перемытые, туфы, туффиты, туфопесчаники и туфоалевролиты [Харин, 1960; Фомичев, Алексеева, 1961]. Авторами настоящей статьи в веберовской свите в разрезе «Войковская улица» (рис. 11) в Гурьевском блоке и в разрезе «Ельцовский карьер», охарактеризованном трилобитами *Cybele weberi* Kolobova, *Cybelinae* Holliday, в Ельцовском блоке найдены многочисленные слои туфов и туфопесчаников (см. рис. 9, фиг. 10, 11; Supplement 1). Эти туфы соседствуют там с туфопесчаниками, туфоалевролитами, песчаниками и алевролитами, реже с аргиллитами и линзами биогермных известняков. В последних содержатся трилобиты *Isocolus sjogreni* Ang., *Amphilichas sniatkovi* Weber. В алевролитах найдены граптолиты *Metabolograptus mirnyensis* (Obut et Sobol.), *Koremagraptus kozlowskii* Bulman, *Ptilograptus glomeratus* Pošta [Сенников и др., 2018].

Система	Отдел	Ярус	Свита	Пачка	Мощность, в метрах	Литология	Трилобиты	Брахиподы	Остракоды
Ордовик	Верхний	Катийский	Веберовская	29	~240	В левом борту р. Родниковка в скальных коренных выходах обнажаются туфы и туфоконгломераты.			
				28	~140	В подмытом борту прерывистые коренные и элювиально-делювиальные свалы туфов псефитовых основного состава лито- и лито-кристаллокластических слоистых.			
				27	~8	В делювии базальты, в начале интервала миндалекаменные плагиоклаз-порфиоровые, затем пироксен-порфиоровые тёмно-зелёного цвета, со стекловатой основной массой.			
				26	140	В глубокой промоине лога по элювиально-делювиальным свалам наблюдается пачка туфов слоистых от алевритовой до псефитовой размерности, средне-основного состава.			
				25	12,5	Аналогичные туфоалевролиты без вкрапленности пирита. Количество кристаллокластов плагиоклаза в прослоях достигает 30 %.			
				24	5,5	Туфоалевролиты с тонкими просечками, обогащёнными кристаллокластами плагиоклаза с вкрапленностью кристаллов пирита кубической формы размером до 4 мм по ребру. Породы болотно-зелёного цвета.			
				23	4,5	В глубокой промоине лога в делювии переслаивание туфогравелитов и туфопесчаников болотно-зелёного цвета.			
				22	2,5	Алевролиты с прослоями туфов псефитовых и псаммитовых болотно-зелёного цвета, слоистые лито-кристаллокластические.			
				21	15	Алевролиты с прослоями туфоалевролитов, содержащих примесь кристаллокластов плагиоклаза. Породы болотно-зелёного цвета.			
				20	1	Алевролиты болотно-зелёного цвета с прослоями чёрного глинистого известняка, тонкослоистые известковистые.			
				19	9	Алевролиты с прослоями туфопесчаников болотно-зелёного цвета, тонкослоистые известковистые.			
				18	0,5	Туфы псефитовые, среднего состава, массивные, лито-витрокластические, зелёные.			
				17	3	Туфоалевролиты зелёного цвета с редкими мелкими кристаллокластами плагиоклаза с прослоями толщиной 3-5 см комковатых шламовых известняков тёмно-серого цвета. Отмечены остатки кораллов табулята плохой сохранности и один маленький фрагмент створки брахиоподы.			
				16	4,8	Элювий и мелкие коренные выходы глинистых известняков (мергелей?) чёрных с редкими остатками фауны плохой сохранности. Вдоль поверхностей напластования отмечаются глинистые прослойки.			
				15	25	В промоине лога элювиально-делювиальные свалы псаммитовых туфов и алевролитов.			
				14	22,5	Тонкое переслаивание псаммитовых туфов и алевролитов выветрелых, трещиноватых, в верхней части слоя с редкими остатками брахиопод.			
				13	0,7	Туфы псефитовые светло-зелёного цвета, расланцованные.			
				12	7,5	Алевролиты болотно-зелёные, расланцованные, затронутые выветриванием.			
				11	27	Алевролиты тёмно-серые известковистые расланцованные с прослоями чёрных глинистых известняков.			
				10	21	В делювиально-элювиальных свалах тонкое переслаивание существенно плагиоклазовых туфопесчаников, алевролитов и аргиллитов выветрелых палевого цвета.			
				9	2,5	Тонкое переслаивание туфопесчаников, алевролитов и аргиллитов серого цвета, известковых. Алевролиты сложены карбонатом – 50%, глинистым материалом – 20%, зёрнами кварца и плагиоклаза – 30%, незначительная примесь гематита. Пятнистая текстура породы обусловлена неравномерным распределением бурого глинистого материала. В аргиллитах наблюдаются ходы илоедов.			
8	1	Туфы дацитовые мелкопсефитовые голубовато-серые карбонатизированные, сложенные литокластами дацитов псаммитовой и мелкопсефитовой размерности (от 0,4 - 6 мм). Наблюдается интенсивное замещение обломков тонкозернистым агрегатом кальцита. В меньшем количестве присутствуют кристаллокласты плагиоклаза также сильно карбонатизированного. Встречается примесь глинистого материала и зерен гематита.							
7	19	Аргиллиты и мергели чёрного цвета, содержащие примесь вулканического материала. В средней части слоя найдены остатки брахиопод плохой сохранности и остракод. Стратиграфически несколько выше обнаружен плохо сохранившийся отпечаток брахиоподы.							
6	3,5	Переслаивание алевролитов и туфопесчаников серовато-зелёных, затронутых выветриванием.							
5	77	Делювиальные свалы и коренной выход в средней части слоя алевролитов зеленовато-серых и тёмно-серых, до чёрных пелитоморфных известняков.							
4	22	В делювиальных свалах палево-жёлтые выветрелые алевролиты и аргиллиты.							
3	98	Элювиально-делювиальные свалы известняков тёмно-серых и чёрных, глинистых известняков и алевролитов.							
2	16	Алевролиты болотно-зелёного цвета сильно трещиноватые без видимых следов слоистости.							
25		Задернованный интервал.							
1	22	Известняки чёрные пелитоморфные со следами илоедов, с тонкими прослоями чёрных известковистых алевролитов.							
							<ul style="list-style-type: none"> ■ <i>Pariliaenus depressa</i> (Holm) ■ <i>Isotelus robustus</i> (Roemer) ■ <i>Hesperotis cf. lebedjevis</i> Sev. ■ <i>Trucizefina</i> sp. ind. ■ <i>Protochonetes</i> sp. ■ <i>Strophodontidae</i> gen. et sp. indet ■ <i>Bracteoleptaena</i> sp. ind. ■ <i>Hermannina</i> sp. ■ <i>Camarotoechia nucula</i> (Sow.) ■ <i>Camarotoechia cf. nucula</i> (Sow.) ■ Gen. et sp. indet 		

Рис. 13. Литологическая колонка и распространение фаунистических остатков в разрезе «Родниковка». Условные обозначения см. рис. 4.

Туффиты в разрезе «Войковская улица» являются песчанистыми, андезитовыми, кристалло-литокластическими (см. рис. 12, Supplement 1). Размер обломков в среднем составляет 0,25-0,30 мм. Среди обломочной части преобладают литокласты, которых значительно больше чем кристаллокластов. В составе литокластов преобладают обломки вулканических пород (с сохранившимися кристаллами плагиоклазов), реже встречаются обломки терригенных пород (мелкозернистых алевролитов).

Недавно в разрезах верхней части ордовикских отложений на Салаире было установлено присутствие вулканического материала в виде различных фаций (лав и туфов) и субвулканических образований [Гусев и др., 2018; Токарев и др., 2018]. В Ельцовском блоке Салаира в разрезе «Родниковка» (см. рис. 13) обнаружено чередование эффузивных и терригенных образований, отнесённых к оселкинской свите. Их подстилают карбонатно-терригенные отложения веберовской свиты и перекрывают карбонатные породы баскусанской свиты. В веберовской и оселкинской свитах встречены трилобиты *Parillaenus depressa* (Holm), *Isotelus robustus* (Roemer); брахиоподы *Hesperorthis cf. lebediensis* Severg., *Trucizetina* sp., *Protochonetes* sp., *Bracteoleptaena* sp., Strophodontidae; остракоды *Hermannina* sp.; табуляты *Lyopora minima* Dziubo [Токарев и др., 2018]. В нижней части оселкинской свиты установлена фация, представленная лавами пироксен-порфириновых базальтов, туфами базальтов и туфами дацитов, риодацитов. К субвулканическим образованиям оселкинского комплекса отнесен массив «Гора Случайная» в том же Ельцовском блоке. По морфологии – это шток, прорывающий карбонатно-терригенные отложения верхов веберовской свиты верхнего ордовика. По данным Рентгенофлуоресцентного анализа породы относятся к габброидам и характеризуются умеренно низкой титанистостью, низкой фосфорноносностью, низкой железистостью и натриевым типом щелочности, что указывает на их комагматичность с базальтами оселкинской свиты. U-Pb изотопными исследованиями цирконов из долеритов массива «Гора Случайная» установлен его возраст – $443,2 \pm 2,39$ млн лет [Гусев и др., 2018; Токарев и др., 2018].

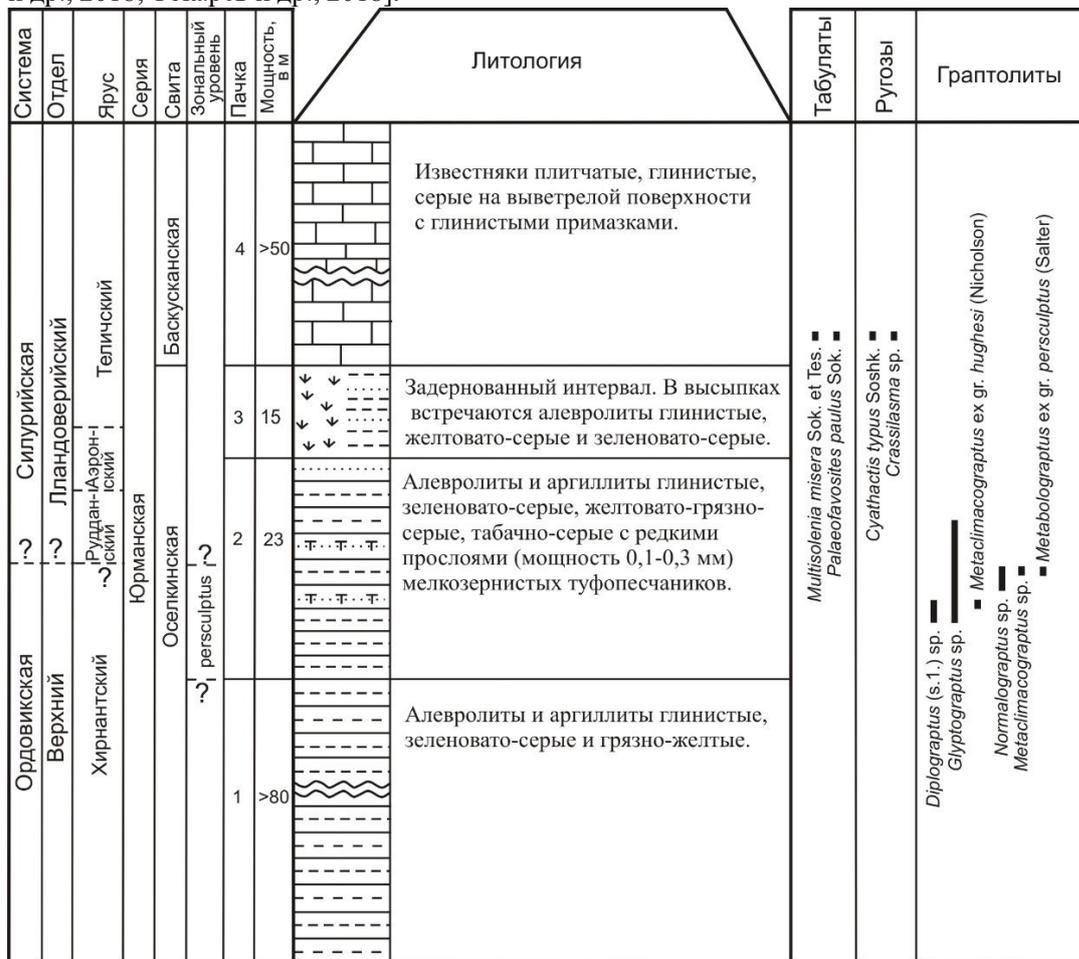


Рис. 14. Литологическая колонка и распространение фаунистических остатков в разрезе «Юрман» (координаты нижней части разреза – 54° 15' 05" с.ш., 086° 05' 30" в.д.). Условные обозначения см. рис. 4.

Мультиэлементные диаграммы для туфов риодацитов и дацитов веберовской свиты разреза «Родниковка» показали устойчивые корреляционные связи с мультиэлементными диаграммами долеритов массива «Гора Случайная», прорывающими верхнюю часть веберовской вулканогенно-осадочной последовательности [Гусев и др., 2018; Токарев и др., 2018].

В Гурьевском блоке Салаира (разрез «Юрман») в позднехирнантском веке формировалась более молодая базальная пачка оселкинской свиты юрманской серии, представленная переслаиванием туфоалевролитов с аргиллитами, содержащими граптолиты зоны *perscultus* – самой молодой зоны позднего ордовика [Сенников и др., 2018] (см. рис. 14).

Как видно из вышеизложенного, проявления позднеордовикской вулканической деятельности в Салаирских палеобассейнах, зафиксированные в Гурьевском и Ельцовском блоках, в последнем были значительно масштабнее. Для Западно-Бердского, Восточно-Бердского и Краснянского блоков Салаира информация о проявлениях вулканизма на этом стратиграфическом уровне пока отсутствует.

Таким образом, в конце катийского века и в хирнантском веке позднего ордовика (верхняя часть веберовской и нижняя часть оселкинской свит) Салаирские палеобассейны в Гурьевском и Ельцовском блоках развивались на протяжении 3–5 млн. лет (см. рис. 3) в режиме активной вулканической дуги и соседствующих задуговых (или междуговых) бассейнов.

ОБСУЖДЕНИЕ РАССМОТРЕННЫХ САЛАИРСКИХ МАТЕРИАЛОВ И ИХ СРАВНЕНИЕ С ДАННЫМИ ПО ДРУГИМ РЕГИОНАМ

Из рассмотренных выше четырёх палеонтологически охарактеризованных разрезов эффузивно-осадочных тремадокских последовательностей Салаира: «Медведковский карьер-1, 2» в Западно-Бердском блоке, «Красное» в Краснянском блоке, «Мурашовка» в Ельцовском блоке – наиболее мелководная морская обстановка седиментации, близкая к области поступления материнского обломочного материала, наблюдается в верхней части разреза «Мурашовка». В разрезах «Медведковский карьер» вулканогенно-осадочные образования формировались на средних глубинах моря, а встреченные там ракушняковые слои содержат следы перемещений потоками по склону подводных поднятий. Разрез «Красное» был наиболее удален от области сноса, и для него характерны глубоководные фациальные обстановки с условиями, благоприятными для накопления кремней, в том числе радиоляритов. Эффузивно-кремнисто-терригенные образования разреза «Красное» формировались, как ранее уже отмечалось [Государственная..., 2019], в глубоководных условиях. В то же время следует заметить, что в низах разреза «Мурашовка» в Ельцовском блоке также имеются кремнёвые породы, свидетельствующие о глубоководности условий формирования нижней части этого разреза.

В разрезах в Гурьевском блоке в тремадокское время фиксируется перерыв в осадконакоплении. Об этом свидетельствуют многочисленные разрезы с угловыми несогласными (со следами размывов в их основаниях) залеганиями флоских терригенных (в том числе и вулканогенно-терригенных) пород иловатской свиты на различные горизонты орлиногорской, толсточихинской и других свит среднего и верхнего кембрия.

До последнего времени общепризнанным считалось, что эффузивные образования в разрезах флоско-сандбийского стратиграфического интервала на Салаире полностью отсутствуют. Встречающийся туфовый материал в псаммитовых пачках иловатской и карастунской свит этого интервала интерпретировался, в том числе и авторами настоящей статьи, как переотложенный, сформированный из продуктов разрушения более ранних (средний-поздний кембрий – тремадок раннего ордовика) вулканогенных образований орлиногорской, чебуриной, краснянской и ельцовской свит.

Фациальные обстановки на нижнефлоском хроностратиграфическом уровне (илватская свита) в палеонтологически охарактеризованном разрезе «Канавы Янишевского» в Гурьевском блоке следует классифицировать как относительно глубоководные. Разрез сложен тонко-терригенными сероцветными и черноцветными терригенными, тонко-зернистыми граптолит-содержащими породами и туфовыми слоями, в которых отсутствуют следы регулярного и штормового волнового воздействия.

Наличие тонких туфовых слоев на флоском стратиграфическом уровне в виде маломощных (как правило, от нескольких мм до 1 см) слоев заставляет поднять вопрос о возможности не Салаирского источника вулканогенного материала. Таким материнским источником могла бы быть какая-либо иная вулканическая дуга (или отдельный вулкан) на значительном удалении от Салаирских палеобассейнов. Для сравнения масштабов возможной удалённости можно указать, что для тонких пепловых слоев на границе юры и мела в центральной части Западной Сибири материнским источником предполагается район Закавказья [Панченко и др., 2021]. Учитывая то обстоятельство, что и в подстилающих и перекрывающих иловатскую свиту (флоский ярус) образованиях имеются достоверно Салаирские источники вулканогенного материала, авторы настоящего сообщения склоняются к мнению, что на Салаире и во флоском веке проявлялась маломасштабная вулканическая деятельность.

Для средне-позднемдарривильского хроностратиграфического уровня (верхи иловатской и низы карастунской свит) в палеонтологически охарактеризованном разрезе «Коровий пруд» в Гурьевском блоке присутствуют не только тонкие (до 1 см), но и мощные (до 5–10 см) слои туфов, сопровождающиеся пачками туфобрекчий. Такие породные ассоциации могут свидетельствовать о

существовании фациальных обстановок склонов вулканов – от относительно мелководных до обстановок средних и больших глубин.

В позднем сандбии и катии в Салаирских бассейнах происходило разрушение древних вулканических построек, вероятно, существовали острова, опоясываемые шлейфами терригенных грубо-зернистых образований.

Начало четвёртого ордовикского этапа активизации вулканической деятельности в Салаирских бассейнах началось не ранее конца поздней трети катийского века. Как уже отмечалось выше, продолжительность предшествующего предполагаемого амагматического этапа в Салаирских бассейнах составляла не менее **10 млн.** лет.

В целом, фациальные обстановки на позднекатийско-хирнантском хроностратиграфическом уровне (веберовская свита) в палеонтологически охарактеризованном разрезе «Войковская улица» в Гурьевском блоке относятся к мелководным морским обстановкам с формированием сероцветных грубообломочных, не выдержанных по простиранию терригенных образований, со слоями туфов, вблизи областей разрушения вулканических островов.

В том же Гурьевском блоке на финальном отрезке хирнантского века в палеонтологически охарактеризованном разрезе «Юрман» (оселкинская свита юрманской серии) зафиксированы фациальные обстановки средних глубин моря, с образованием тонко-терригенных, преимущественно сероцветных граптолит-содержащих образований, удалённых от областей сноса и источников материала.

На хирнантском стратиграфическом уровне в палеонтологически охарактеризованном разрезе «Родниковка» (веберовская свита) в Ельцовском блоке встречаются многочисленные покровы лав и слои туфов, сопровождающиеся туфоконгломератами, туфопесчаниками. В нижней и средней частях разреза «Родниковка» присутствуют шламовые известняки с морской фауной, свидетельствующей о мелководной обстановке и известняки и аргиллиты, накапливающиеся в обстановке осадконакопления средних глубин моря.

В позднекатийское и хирнантское время в разрезах в Восточно-Бердском блоке наблюдается перерыв в осадконакоплении, которому предшествовал этап локального осадконакопления грубообломочных образований [Сенников и др., 2018].

В Восточно-Бердском блоке Салаира в исключительно терригенных палеонтологически охарактеризованных разрезах «Изырак» (чупинская, изыракская и зайчихинская свиты) [Сенников и др., 2014б], «Зайчиха» (изыракская и зайчихинская свиты) [Сенников, 1986], охватывающих стратиграфический интервал нижнего, среднего и низов верхнего ордовика, исследованиями авторов настоящей статьи туфы и эффузивы пока достоверно не установлены [Сенников и др., 2018]. Это отмечали и другие геологи [Свиридов и др., 1999; Государственная..., 2015а]. В то же время имеются противоположные сведения [Государственная..., 2007] о наличии в составе чупинской свиты (тремадок и низы фло) среди песчаников и алевролитов отдельных слоев, содержащих туфогенный материал. Ранее [Фомичев, Алексеева, 1961] отмечалось более широкое площадное (рр. Бердь, Изырак и др.) и стратиграфическое (нижний и средний отделы системы) распространение в ордовике Восточно-Бердского блока Салаира различных туфов и, дополнительно к ним, покровов плагиоклазовых порфиринов. Этот вопрос требует специального дополнительного рассмотрения. При учёте современного взаиморасположения Восточно-Бердского блока Салаира между Краснянским и Западно-Бердским вулканическими районами, область его ниже-среднеордовикской седиментации можно предположительно отнести к междуговому бассейну.

Тремадокский этап вулканической деятельности основного и среднего состава на Салаире был финальной стадией позднекембрийского этапа (зрелой вулканической дуги) и вместе с ним имел продолжительность не менее **13–15 млн. лет** (см. рис. 2, 3). По сравнению с региональным позднекембрийским этапом продукты проявления его деятельности в Западно-Бердском, Краснянском (например, тела андезитов размером 300 x 900 м [Государственная..., 2019]), и Гурьевском и Ельцовском блоках занимали, хотя и значительные, но меньшие площади.

Среди вулканитов тремадокского этапа на Салаире преобладают пирокластические породы, соответствующие по составу порфириновым средне- и низкотитанистым, высоконатриевым лейкобазальтам и андезибазальтам известково-щелочной серии; присутствуют андезиты. К субвулканическим фациям относятся рои сближенных даек, штоков диабазов, габбродиабазов, габбро, габбродиоритов, редко диоритов [Государственная..., 2007].

Мощность туфовых слоев достигают нескольких метров, а мощность лавовых потоков – до нескольких десятков метров (Западно-Бердский и Краснянский блоки) [Государственная..., 2007, 2019] (см. рис. 4, 6, разрезы («Медведковский карьер-1», «Медведковский карьер-2», «Мурашовка»).

Продолжительность позднефлоского этапа вулканической деятельности в Салаирских бассейнах, установленная по биостратиграфическим данным равняется **1–2 млн. лет** (см. рис. 2, 3). Мощности туфовых слоев достигают в разрезе «Канавы Янишевского» в Гурьевском блоке 1–5 см (см.

рис. 7). Ранее [Фомичев, Алексеева, 1961] на этом стратиграфическом уровне в Восточно-Бердском блоке Салаира в разрезе по р. Изырак указывались туфы плагиоклазовых порфиритов, а в северной части Гурьевско-Ельцовской – туфы кислых и основных порфиритов. Это требует подтверждения, так как присутствие флоских вулканитов в этом районе отрицается геологами-съёмщиками [Свиридов и др., 1999].

Продолжительность средне-позднелавинского этапа вулканической деятельности в рассматриваемом южно-сибирском районе, определённая по биостратиграфическим данным составляет – 5–7 млн. лет (см. рис. 2, 3). Мощности туфовых слоев достигают 5–10 см, единичные до 20 см (см. рис. 9, 10, разрез «Коровий пруд»). Продукты средне-позднелавинской вулканической деятельности занимают на Салаире локальные участки в Гурьевском блоке региона.

Позднелавинско-хирнантский этап вулканической деятельности в Салаирских бассейнах имел продолжительность, достигающую по биостратиграфическим данным – 3–5 млн. лет (см. рис. 2, 3). Мощности туфовых слоев достигают 15–20 см в Гурьевском блоке и 0,5–1,0 м в Ельцовском блоке (см. рис. 9, 11, 13) разрезы «Войковская улица» и «Родниковка»). Мощности лавовых потоков в Ельцовском блоке достигают 8 м [Гусев и др., 2018; Токарев и др., 2018]. В этом же блоке Салаира В.Д. Фомичевым и Л.Э. Алексеевой [1961] отмечалось присутствие туфов кислых порфиритов в районе города Гурьевск, а в районе бывшего п. Горный на р. Юрман и западнее на р. Бачат – покровов кислых плагиоклазовых порфиритов и их туфов суммарной мощностью до 10–20 м. На присутствие маломощных лавовых покровов кислого состава в разрезах верхнего ордовика (нижний-средний карадок) в районе города Гурьевска в Гурьевском блоке указывал А.Б. Гинцингер [1969]. Продукты проявления позднелавинско-хирнантской вулканической деятельности занимают на Салаире большие площади в виде многочисленных отдельных ареалов в Гурьевском и Ельцовском блоках. В качестве геодинамической обстановки формирование позднелавинско-хирнантского оселкинского риолит–базальтового комплекса предполагается энсиалический задуговой бассейн [Гусев и др., 2018].

Необходимо обратить внимание, что на Салаире кроме долеритового массива «г. Случайная», находящегося в Ельцовском блоке (443 млн. лет), известны лейкограниты полихронного позднесилурийского-раннедевонского Улантовского массива, расположенного по соседству с Восточно-Бердским блоком, для которого имеются данные по изохронному Rb–Sr возрасту $423 \pm 8,7$ млн. лет [Сотников и др., 1999] и U/Pb возрасту от $430,6 \pm 3,4$ до $413,3 \pm 7$ млн. лет по [Жимулев и др., 2020] и по [Светлицкая и др., 2023] от $426,0 \pm 1,8$ до $411,7 \pm 1,1$ млн. лет.

Дополнительно к салаирским материалам следует отметить, что в Курайском хребте Горного Алтая известны Куркурекский (444 ± 10 млн. лет) и Кысхыштубский (445 ± 8 млн. лет) полигенные гранитоиды [Гусев, 2013; Cai et al., 2014; Гусев и др., 2018]. Образование этих массивов связывается [Гусев и др., 2018] с термально-купольными структурами, сформировавшимися под влиянием залегающих глубже интрузий базальтовой магмы, вероятно, аналогичных интрузии долеритов горы Случайная на Салаире.

Сравнение выявленных хроностратиграфических уровней активизации вулканической деятельности в ордовике Салаира с этапами такой активизации в других ордовикских бассейнах Азии показывает следующее. Как это уже отмечалось выше, в соседствующем с Салаиром (через Кузбасскую позднепалеозойскую впадину) Кузнецком Алатау активная вулканическая деятельность проявлялась на тремадокском и флоском хроностратиграфических интервалах [Снежко, 1967; Налетов, Сидоренко, 1969; Гладких, 1972; Стратиграфический..., 1975; Решения..., 1983; Государственная..., 2007; Сенников и др., 2018]. В Кузнецком Алатау описан Кошкуллакский палеовулкан (кошкуллакская свита), сложенный базальтами, трахибазальтами, трахиандезитами, трахириолитами и их грубообломочными туфами с возрастом трахибазальтов Rb–Sr методом 464 ± 11 млн. лет [Государственная..., 2008], что отвечает среднему ордовику.

В восточной части Алтае-Саянской складчатой области на Красноярском поднятии имеется вулканогенно-осадочный комплекс базальтов, андезитобазальтов, андезитов, туфов с маломощными слоями песчаников, алевролитов и конгломератов с датировкой вулканитов Rb–Sr методом 448 ± 7 млн. лет [Рублёв и др., 1999]. В районе Красноярска расположен Столбовский сиенитовый массив, для которого теми же авторами [Рублёв и др., 1999] K–Ar методом определён возраст 469 ± 9 млн. лет. По данным других исследователей возраст Столбовского массива K–Ar методом составляет 446–479 млн. лет, а U–Pb методом – 449 ± 3 млн. лет [Государственная..., 2008].

В Каргинской зоне Тывы, непосредственно примыкающей к Горному Алтаю, имеются поля выходов мугураксинской свиты, сопоставляемой с верхней частью нижнего и нижней частью среднего ордовика [Сенников и др., 2021]. Нижнемугураксинская подсвита (флоско-дапинский интервал) представлена преимущественно сероцветными грубозернистыми терригенными породами с редкими пачками карбонатов и основных эффузивов, а верхнемугураксинская подсвита (нижнелавинский интервал) – красноцветными песчаниками, алевролитами, кремнями и кислыми эффузивами. В среднем ордовике Систигхемской зоны Тывы известна палеонтологически охарактеризованная усть-

хамсаринская свита [Сенников и др., 2021], сложенная чередованием грубо- и тонкозернистых терригенных осадочных пород с вулканокластами (кислые туфы, туфопесчаники) [Государственная..., 2008].

В Северном Казахстане [Никитин, 1973; 2002; Никитин и др., 1990, 1992; Ryazantsev et al., 2007; Дегтярёв и др., 2008; Дегтярёв, 2012] на стратиграфическом уровне нижнего и среднего ордовика достаточно активно проявлялась вулканическая деятельность. Для неоднократных проявлений этапов активизации вулканической деятельности в Салаирском бассейне в раннем и среднем ордовике можно предложить синхронные аналогичными этапами, происходившие в активной Чингиз-Тарбагатайской вулканической дуге Казахстана. Это не противоречит мнению некоторых специалистов об единстве (общности) Бошекуль-Тарбагатай-Тувино-Монгольской вулканической масштабной глобально протяжённой островодужной системы (включая соседствующие с вулканическими постройками междуговые и задуговые бассейны) [Cocks, Torsvik, 2020]. Такая островодужная система охватывала как Салаирскую, так и Кузнецко-Алтайскую [Буслов, 2011] островные дуги.

На Сибирской платформе, в баксанском горизонте ордовика, в разрезе на р. Подкаменная Тунгуска установлены четыре слоя с К-бентонитами, для которых по цирконам определён ряд возрастов $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ методом – от 453,9 до 450,6 млн. лет (ранняя половина катийского века) и сделан вывод о том, что это продукты вулканической активности Таконской (или Таконско-Енисейской) также масштабной глобально протяжённой вулканической дуги [Huff et al., 2014; Dronov et al., 2019]. В Салаирском ордовикском бассейне в катийское время вулканическая деятельность пока не зафиксирована, что может свидетельствовать об её независимости (в дополнение к территориальной обособленности) от деятельности отмеченного вулканического пояса.

Следует обратить внимание на следующий феномен. Для позднего ордовика внешне сходная картина чередования этапов активизации вулканической деятельности с этапами её полного прекращения в Салаирском бассейне наблюдается при сравнении такого чередования с этапами позднеордовикской вулканической активности в Южном Китае [Zhang et al., 2019; Lu et al., 2022].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Активность в Салаирском магматическом поясе (в Салаирских вулканических дугах) не закончилась в раннем ордовике (тремадоке), как это считалось ранее, а эпизодически продолжалась на протяжении всего ордовикского периода. На Салаире зафиксированы палеонтологически охарактеризованные разрезы морских осадочных образований с туфами и (или) эффузивами, по крайней мере, на четырех стратиграфических уровнях: 1) тремадокском, 2) позднефлоском, 3) средне-позднедарривильском, 4) позднекатийско-хирнантском.

По риолит-трахибазальтовому составу Салаирский тремадокский этап магматизма продолжительностью около **10 млн. лет** (см. рис. 2, 3) относится к обстановке зрелой островной дуги [Государственная..., 2007; 2019]. В целом, на Салаире реконструируется как сама островная дуга, так и соседствующий с ней задуговой или, возможно, преддуговой палеобассейн.

2. Площадное распространение проявлений вулканической деятельности на Салаире на протяжении периода было различным: а) повсеместным, на тремадокском стратиграфическом уровне в бассейнах во всех блоках; б) ареальным, в виде многочисленных участков на позднекатийско-хирнантском уровне в Гурьевском и Ельцовском блоках; в) локальным, прерывисто-пятнистым на флоском стратиграфическом уровне в Восточно-Бердском, Гурьевском и Ельцовском блоках; г) крайне ограниченным по площади, зафиксированным на единственном участке на средне-позднедарривильском уровне в Гурьевском блоке.

В качестве сравнения салаирских материалов по флоскому стратиграфическому уровню следует указать, что в соседнем с Салаиром, другом южно-сибирском складчатом регионе - Кузнецком Алатау, в его Золотокитатском блоке, в разрезах на руч. Алзасс вскрываются отложения алзасской свиты, сопоставляемой по трилобитам и брахиоподам с флоским ярусом [Сенников и др., 2018]. В последние годы [Сенников и др., 2018] в литологическом составе алзасской свиты рассматриваются исключительно осадочные породы. Стоит отметить, что ранее [Решения..., 1983; Стратиграфический..., 1991; Государственная..., 2007] алзасский стратон считался вулканогенно-осадочным и в его строении отмечались трахиандезибазальты, трахиандезиты, трахидациты, трахириодациты, конгломераты, песчаники, алевролиты. В связи с обнаружением туфов флоского возраста на Салаире, для Кузнецкого Алатау это спорный вопрос, который требует специального изучения. Так, ряд исследователей высказывали сомнения в том, что не только во флоском, но и в тремадокском веке в Кузнецком Алатау фактически проявлялась какая-либо вулканическая активность [Меньшиков и др., 1988].

В дополнение к стратифицированным вулканогенным образованиям флоского стратиграфического уровня рассматриваемого региона нужно отметить, что в Ельцовском блоке Салаира известен Верхнеяминский массив щелочных базальтов (клинопироксениты и габбро) [Изох и др., 1995] с возрастом (Sm-Nd метод) – $472,1 \pm 0,6$ млн. лет, что соответствует середине флоского века.

Верхнеяминский массив ряд исследователей вместе с Бехтемирским и Шубенским массивами на юге Салаира объединяют в Бехтемирский пироксенит габбровый комплекс с самарий–ниодимовой изохроной 472 ± 1 млн. лет [Свиридов и др., 1999]. А в соседствующем с Салаиром (через позднепалеозойскую Кузбасскую впадину), Кузнецко-Алатауском регионе U–Pb и Rb–Sr изотопным датированием определён возраст 469 ± 9 млн. лет Заслонкинского массива Тебезинского габбро-диоритового комплекса [Владимиров и др., 2001]. Эти датировки приблизительно можно соотнести с границей флоского и дапинского ярусов – границей нижнего и среднего ордовика.

3. В развитии Салаирских ордовикских осадочных бассейнов установлена четкая периодичность в активизации вулканической деятельности и её прекращении.

4. Ранее считалось, что островодужная стадия в Салаирской группе ордовикских бассейнов закончилась в тремадоке. Наши данные показали, что эта стадия продолжилась в флоское, дарривильское, катийское и хирнантское время. На Салаире на флоско-хирнантском интервале существовали междуговые и задуговые бассейны, с часто меняющимся мозаично-хаотичным расположением фациальных зон, наследовавшим в различной степени конфигурацию «рисунков» и глубины пространства между выступами древних (кембрийских) вулканических построек.

Безусловно, авторы осознают, что проблема оценки масштабов латерального распространения и продолжительности вулканической деятельности в ордовике Салаира ещё далека от окончательного решения. Выделенные в настоящей статье, в том числе достаточно продолжительные (до 10 млн. лет), этапы отсутствия следов вулканической деятельности могут быть, при обнаружении новых фактов, разделены на более короткие этапы активизации и «затухания» вулканической активности. Авторы надеются, что представленные в настоящей работе материалы помогут конкретизировать направления дальнейших исследований.

Коллекция граптолитов, изображения которых приведены в статье на таблице I, хранится в ЦКП “Геохрон” при Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. Трофимука СО РАН в г. Новосибирск под № 2128.

Работа сотрудников ИНГГ СО РАН выполнена в рамках госзадания РАН по ФНИ (проект FW ZZ–2022–0003). Авторы благодарят своих коллег Д.А. Токарева, Р.А. Хабибулину и Н.В. Новожилову за помощь при полевых исследованиях, а также Т.В. Гонту и Я.М. Гутака за участие в определении фаунистических остатков. На заключительном этапе оформления рукописи статьи большую редакционную помощь оказал Ю.К. Советов, которому авторы выражают свою признательность.

ЛИТЕРАТУРА

Бартнев А.С., Белогубец С.В., Галенко Л.В., Гутак Я.М., Зыбин В.А., Изох Н.Г., Анастасиева С.А. К геологии присалаирской части Кузбасса в районе проходки глубокой скважины (с. Новобачаты) // Актуальные вопросы геологии и минералогии юга Сибири. Материалы научно-практической конференции, 31 окт.- 2 нояб. 2001 г., пос. Елань Новокузнецкого района, Кемеровской области. Новосибирск, 2001. С. 33-39.

Белоусов А.Ф., Кочкин Ю.И., Полякова З.Г. Вулканические комплексы рифея и нижнего палеозоя Горного Алтая, Горной Шории и Салаирского кряжа. М., Наука. 1969, 285 с.

Бессоненко В.В., Петрунина З.Е. Новые данные по стратиграфии верхнего кембрия и тремадока северо-восточной части Салаира // Изв. Кузнецкого отдела Географического об-ва Союза ССР. Вып. 1, 1972, с. 58–61.

Буслов М.М. Тектоника и геодинамика Центрально-Азиатского складчатого пояса: роль позднепалеозойских крупноамплитудных сдвигов // Геология и геофизика, 2011, т. 52 (1), с. 66–90.

Владимиров А.Г., Козлов М.С., Шокальский С.П., Халилов В.А., Руднев С.Н., Крук Н.Н., Выставной С.А., Борисов С.М., Березиков Ю.К., Мещер А.Н., Бабин Г.А., Мамлин А.Н., Мурзин О.М., Назаров Г.В., Макаров В.А. Основные возрастные рубежи интрузивного магматизма Кузнецкого Алатау, Алтая и Калбы (по данным U–Pb изотопного датирования) // Геология и геофизика, 2001, т. 42, № 8, с. 1157–1178.

Гинцингер А.Б. Разрезы ордовика Прикузбасской окраины Салаира // Разрезы докембрия и нижнего палеозоя западной части Алтае-Саянской складчатой области. Красноярск, Красноярское книжное изд-во, 1969, с. 189–209.

Гладких Н.А. О выделении ордовикских отложений на северной окраине Кузнецкого Алатау // Изв. Кузнецкого отдела Географического об-ва Союза ССР. Кемерово, Кемеровское книжное изд-во, 1972, вып. 1, с. 67–69.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Алтае–Саянская. Лист N-45 – Новокузнецк. Объяснительная записка. СПб, Изд-во СПб картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2007, 664 с.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 200 000. *Серия Кузбасская*. Лист N-45-XIV (Гурьевск). Объяснительная записка. СПб, Изд-во СПб картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2019, 232 с.

Государственная геологическая карта РФ м-ба 1:1000000 (третье поколение). *Серия Алтае-Саянская*. Лист N-44 – Новосибирск. Объяснительная записка. СПб, Изд-во СПб картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015а, 390 с.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). *Серия Алтае-Саянская*. Лист N-46 – Абакан. Объяснительная записка. СПб, Изд-во СПб картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2008, 390 с.

Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаб 1: 200 000. Издание второе. *Серия Кузбасская*. Лист N-45-XIII (Маслянино). Объяснительная записка. М., Московский филиал ВСЕГЕИ, Электронный вариант, 2015б, 276 с.

Гусев Н.И. Метаморфические комплексы Горного Алтая: вещественный состав и геохронология. Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publ., 2013, 71 с.

Гусев Н.И., Токарев В.Н., Юрьев А.А. Раннесилурийский магматизм на Салаире: геохимия, U-Pb возраст, Sm-Nd изотопная характеристика // Корреляция Алтаид и Уралид: глубинное строение литосферы, стратиграфия, магматизм, метаморфизм, геодинамика и металлогения. (Материалы 4-ой научной конф.) Новосибирск, СО РАН, 2018, с. 44–46.

Гутак Я.М. Генезис Салаирского террейна (Алтае-Саянская складчатая область): геологические и палеонтологические данные // Материалы V Международного симпозиума “Эволюция жизни на Земле”, 12-16 ноября 2018. Томск, Издательский Дом Томского госуниверситета, 2018, с. 58–59.

Гутак Я.М. Становление структуры западной части Алтае-Саянской складчатой области (мезозойский этап) // Геосферные исследования. 2021. № 1. С. 123–129.

Дегтярёв К.Е. Тектоническая эволюция раннепалеозойских островодужных систем и формирование континентальной коры каледонид Казахстана. /Труды Геологического института; Вып. 602. М.: ГЕОС, 2012. 289 с.

Добрецов Н.Л., Буслов М.М. Позднекембрийско-ордовикская тектоника и геодинамика Центральной Азии // Геология и геофизика, 2007, т. 48 (1), с. 93–108.

Елкин Е.А., Сенников Н.В., Буслов М.М., Язиков А.Ю., Грацианова Р.Т., Бахарев Н.К. Палеогеографические реконструкции западной части Алтае-Саянской области в ордовике, силуре и девоне и их геодинамическая интерпретация // Геология и геофизика, 1994, т.35, № 7–8, с. 118–143.

Жимулёв Ф.И., Каргополов С.А., Травин А.В., Прошенкин А.И., Летникова Е.Ф., Степанов А.С., Новиков И.С., Е. Ветров В., С Докашенко.А., Гиллеспи Дж. История геологического развития Салаирской складчатой зоны, новые данные о метаморфизме и возрасте магматической активности // Фундаментальные проблемы тектоники и геодинамики. (Материалы LIТ Тектонического совещания). Т. 1. М., Изд-во Геос., 2020, с. 219–223.

Жимулёв Ф.И., Котляров А.В., Новиков И.С., Сенников Н.В., Колесов К.К. Геологическое строение и мезозойско-кайнозойская тектоническая эволюция Неня-Чумышского прогиба (Южный Салаир, юг Западной Сибири) // Литосфера. 2023а. Т. 23, № 5. С. 820–843.

Жимулёв Ф.И., Котляров А.В., Травин А.В., Фидлер М.А., Хуурак А.А. Шалапский меланж Аламбайской офиолитовой зоны Салаира (северо-запад Центрально-Азиатского складчатого пояса), геологическое строение и особенности состава амфиболитов и зелёнокаменных базальтов // Геодинамика и тектонофизика. 2023б. Том 15, № 3. С. 1-13.

Жимулёв Ф.И., Поспеева Е.В., Потапов В.В., Новиков И.С., Котляров А.В. Глубинное строение и тектоника зоны сочленения Салаира и Горной Шории (северо-запад Центрально-Азиатского складчатого пояса) по результатам магнитотеллурического зондирования // Геология и геофизика. 2022. Т. 64, № 5. С. 674-690.

Изох А.Э., Гибшер А.С., Владимиров А.Г., Токарев В.Н. Ордовикские габброидные ассоциации Горной Шории и Салаира и их геодинамическая интерпретация // Новые данные о геологии и полезных ископаемых западной части Алтае-Саянской области. Новокузнецк, Новокузнецкий полиграфкомбинат, 1995, с. 200–202.

Каныгин А.В., Ядренкина А.Г., Тимохин А.В., Москаленко Т.А., Гонта Т.В., Степанова Н.И., Сычев О.В., Маслова О.А. Региональная стратиграфическая схема ордовикских отложений Сибирской платформы (новая версия) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2017, № 5с, с. 4–57.

Каныгин А.В., Ядренкина А.Г., Тимохин А.В., Москаленко Т.А., Сычев О.В. Ордовик Сибирской платформы. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Новосибирск, Академическое изд-во «Гео», 2007, 267 с.

Меньшиков В.С., Номоконов В.Е., Рихванов Л.П. К вопросу об ордовикском вулканизме в Кузнецком Алатау. Палеовулканологические реконструкции палеозоя Сибири. Новосибирск, Изд-во ИГГ СО АН СССР, 1988, с. 61–71.

Налетов Б.Ф., Сидоренко Т.Ф. Раннеордовикская вулканическая ассоциация северо-запада Кузнецкого Алатау // Геология и геофизика, 1969, № 11, с. 55–60.

Налетов Б.Ф., Сидоренко Т.Ф. Раннеордовикские вулканические ассоциации Салаирского кряжа // Геология и геофизика, 1970, №5, с. 72–78.

Никитин И.Ф. Ордовик Казахстана. Часть II. Палеогеография. Палеотектоника. Алма-Ата, Изд-во Наука Казахской ССР, 1973, 99 с.

Никитин И.Ф. Ордовикские кремнистые и кремнисто-базальтовые комплексы Казахстана // Геология и геофизика, 2002, т. 43 (6), с. 512–527.

Никитин И.Ф., Фрид Н.М., Звонцов В.С. Палеогеография и вулканизм Казахстана и Северного Тянь-Шаня в ордовике // Советская геология, 1990, № 10, с. 38–48.

Новиков И.С., Жимулёв Ф.И., Поспеева Е.В. Неотектоническая структура Салаира (юг Западной Сибири) и ее соотношение с докайнозойской системой разломов // Геология и геофизика. 2022. Т. 63, № 1. С. 3–19.

Панченко И.В., Соболев И.Д., Рогов М.А., Латышев А.В. Вулканические туфы и туффиты в пограничных отложениях юры и мела (волжский и рязанский ярусы) Западной Сибири // Литология и полезные ископаемые, 2021, № 2, с. 144–183.

Петрунина З.Е. Некоторые новые раннеордовикские трилобиты западной части Алтае-Саянской горной области. Новое в палеонтологии и биостратиграфии палеозоя Азиатской части СССР. Новосибирск, Изд-во Наука, 1990, с. 21–58.

Решения Всесоюзного стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и четвертичной системе Средней Сибири, Новосибирск, 1979. Часть I. Верхний протерозой и нижний палеозой. Новосибирск, 1983, 215 с.

Росляков Н.А., Щербаков Ю.Г., Алабин Л.В., Нестеренко Г.В., Калинин Ю.А., Рослякова Н.В., Васильев И.П., Неволько А.И., Осинцев С.Р. Минералогия области сочленения Салаира и Колывань-Томской складчатой зоны. Новосибирск, Изд-во СО РАН. Филиал «Гео», 2001, 245 с.

Рублев А.Г., Шергина Ю.П., Берзон Е.И., Баргесян В.Е., Левченков О.А., Яковлева С.С. Изотопный возраст палеозойских вулканитов Красноярского поднятия и проблемы стратиграфии быскарской серии // Отечественная геология, 1999, № 3, с. 47–54.

Сараев С.В., Ганашилин А.С., Изох Н.Г., Попов Б.М. Литология, геохимия среднедевонских отложений и влияние вулканизма на осадконакопление на юго-востоке Западной Сибири // Геология и геофизика, 2023, т. 64 (10), с. 1434–1456. DOI: 10.15372/GiG2023131.

Светлицкая Т.В., Неволько П.А., Дранишникова Д.Е. Улантовский гранитоидный массив: Новый возрастной этап потенциально продуктивного раннедевонского магматизма на Салаире // Геосферные исследования, 2023, т. 4, с. 21–48. DOI: 10.17223/25421379/29/2

Свиридов В.Г., Краснов В.И., Сурков В.С., Калинин Ю.А., Каныгин А.В., Коробейников В.П., Маргыннов В.А., Нестеренко Г.В., Осинцев С.Р., Перегоедов Л.Г., Росляков Н.А., Сердюк З.Я., Смирнов Л.В., Хомичев В.Л. Геологическое строение и полезные ископаемые Западной Сибири. Т. 1. Геологическое строение. Новосибирск, СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1999, 228 с.

Севергина Л.Г. Брахиоподы нижнего ордовика Горного Алтая, Кузнецкого Алатау, Горной Шории и Салаира // Стратиграфия и фауна нижнего ордовика Горного Алтая. М., Наука, 1984, с. 34–53.

Сенников Н.В. Находка ордовикских граптолитов в Новосибирской области // Геология и геофизика, 1986, № 3. с. 101–103.

Сенников Н.В. Аспекты эволюции ордовикско–силурийской палеоэкосистемы Алтае-Салаирского бассейна (типы седиментации, литофации и структура палеобиот) // Типы седиментогенеза и литогенеза и их эволюция в истории Земли. (Материалы 5-го Всероссийского литологического совещания). Том. II. Екатеринбург, Изд-во ИГГ УрО РАН, 2008, с. 484–486.

Сенников Н.В. Ордовик Центральной Тывы: стратиграфия, генезис отложений и обстановки осадконакопления, фаунистические сообщества, ихнокомплексы и палеогеография // Геология и геофизика, 2023, т. 64 (7), с. 934–954. doi.org/10.15372/GiG2023106

Сенников Н.В., Буколова Е.В. Динамика таксономического разнообразия граптолитов в Алтайском и Салаирском ордовикских бассейнах // Эволюция органического мира и биотические кризисы. LVI сессия Палеонтологического общества. СПб, Изд-во «Элексис», 2010, с. 100–102.

Сенников Н.В., Ивата К., Ермиков В.Д., Обут О.Т., Хлебникова Т.В. Океанические обстановки седиментации и фаунистические сообщества в палеозое южного обрамления Западно-Сибирской плиты // Геология и геофизика, 2003, т. 44 (1–2), с. 156–171.

Сенников Н.В., Коровников И.В., Токарев Д.А., Клоузен С., Новожилова Н.В. К вопросу о возрасте древнейших водорослево-археоциатовых рифогенных построек Салаира // Геология, геофизика

и минеральное сырье Сибири: матер. 1-й науч.-практ. конф. Т. 1. Отв. ред. С.П. Зайцев. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2014а. С. 223–228.

Сенников Н.В., Лыкова Е.В., Обут О.Т., Толмачева Т.Ю., Изох Н.Г. Новый ярусный стандарт ордовика и его применение к стратонам западной части Алтае-Саянской складчатой области // Геология и геофизика, 2014б, т. 55 (8), с. 1226–1246.

Сенников Н.В., Обут О.Т., Буколова Е.В., Толмачева Т.Ю. Литолого-фациальная и биоиндикаторная оценки глубины формирования раннепалеозойских осадочных бассейнов Палеоазиатского океана // Геология и геофизика, 2011, т. 52 (10), с. 1488–1516.

Сенников Н.В., Обут О.Т., Изох Н.Г., Киприянова Т.П., Лыкова Е.В., Толмачева Т.Ю., Хабибулина Р.А. Региональная стратиграфическая схема ордовикских отложений западной части Алтае-Саянской складчатой области (новая версия) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2018, № 7с, с. 15–53.

Сенников Н.В., Обут О.Т., Изох Н.Г., Хабибулина Р.А., Родина О.А., Лыкова Е.В., Киприянова Т.П. Региональная стратиграфическая схема силурийских отложений западной части Алтае-Саянской складчатой области (новая версия) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2019, № 8с. С. 69–105.

Сенников Н.В., Обут О.Т., Е.В. Лыкова, Хабибулина Р.А. Проявления глобальных и региональных седиментационных и биотических событий в позднекембрийско–силурийских Алтайских и Салаирских бассейнах // Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории. (Материалы VII Всероссийского литологического совещания). Том III. Новосибирск, Изд-во ИНГГ СО РАН, 2013, с. 103–108.

Сенников Н.В., Обут О.Т., Лыкова Е.В., Хабибулина Р.А., Тимохин А.В., Щербаненко Т.А., Печериченко Д.А. Специфика Салаирского ордовикского бассейна (синтез палеонтологических, литологических, биостратиграфических и палеогеографических данных) // Труды Палеонтологического общества. Том V. М., Изд-во ПИН, 2022, с. 20–33. ISBN 978–5–903825–52–3

Сенников Н.В., Обут О.Т., Хабибулина Р.А., Лучинина В.А., Лыкова Е.В., Токарев Д.А., Щербаненко Т.А. Рифовые комплексы Алтайского позднеордовикско-раннесилурийского бассейна – строение, классификация, палеобиоты и палеогеографическое положение // Геология и геофизика, 2023, т. 64 (3), с. 352–369. DOI: 10.15372/GiG2021212

Сенников Н.В., Тимохин А.В., Лыкова Е.В. Дифференциация алтайских среднеордовикских комплексов граптолитов и трилобитов по глубинам обитания // Геология и геофизика, 2017, т. 58 (6), с. 880–899.

Сенников Н.В., Обут О.Т., Изох Н.Г., Хабибулина Р.А., Щербаненко Т.А., Киприянова Т.П. Региональная стратиграфическая схема ордовикских отложений Тывы (новая версия) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2021, № 9с, с. 37–60.

Снежко Б.А. О выделении тайменской свиты верхнего тремадока в западной части Кузнецкого Алатау // Тр. ЗСГУ и НГУ. Вып. 2. Томск, Изд-во Томского ун-та, 1967, с. 74–77.

Сожа К.М., Антошкина А.И. Террейн Александра Северо-Американских Кордильер: критический анализ силурийско-девонской палеогеографии // Литосфера. 2013. № 4. С. 3–21.

Сотников В.И., Федосеев Г.С., Кунгурцев Л.В., Борисенко А.С., Оболенский А.А., Васильев И.П., Гимон В.О. Геодинамика, магматизм и металлогения Кольвань-Томской складчатой зоны. Новосибирск, Изд-во СО АН. НИЦ ОИГГМ, 1999, 229 с.

Стратиграфический словарь СССР. Кембрий, ордовик, силур, девон. Л., Изд-во Недра, 1975, 622 с.

Стратиграфический словарь СССР. Новые стратиграфические подразделения палеозоя СССР. Л., Изд-во Недра, 1991, 555 с.

Токарев В.Н., Сенников Н.В., Юрьев А.А., Тимохин А.В., Хабибулина Р.А., Гонта Т.В., Щербаненко Т.А., Гутак Я.М. Позднеордовикско-раннесилурийский вулканогенно-осадочный комплекс Салаира // Корреляция Алтаид и Уралид: глубинное строение литосферы, стратиграфия, магматизм, метаморфизм, геодинамика и металлогения. (Мат-лы 4-ой научной конф.). Новосибирск, СО РАН, 2018, с. 147–149.

Фомичев В.Д., Алексеева Л.Э. Геологический очерк Салаира // Труды ВСЕГЕИ. Новая серия. Т. 63. М., Изд-во Госгеолтехиздат, 1961, 218 с.

Харин Г.С. Стратиграфия силурийских отложений Салаира // Биостратиграфия палеозоя Саяно-Алтайской горной области. Т. II. Новосибирск, 1960, с. 14–23.

Хомичев В.Л. Ордовикский вулканизм Алтае-Саянской области // Палеовулканологические реконструкции палеозоя Сибири. Новосибирск, Изд-во ИГГ СО АН СССР, 1988, с. 43–61.

Cabanis B. and Lecolle M. Le diagramme La/10-Y/15-Nb/8: un outil pour la discrimination des series volcaniques et la mise en evidence des processus de mélange et ou de contamination crustale // C. R. Acad. Sci. Ser. II., 1989, v. 309, p. 2023–2029.

- Cai K., Sun M., Xiao W. et al.** Zircon U–Pb geochronology and Hf isotopic composition of granitoids in Russian Altai Mountain. *Central Asian Orogenic Belt // Amer. J. Sci.*, 2014, v. 314, p. 580–612.
- Cocks L.R.M. and Torsvik T.H.** Ordovician palaeogeography and climate change // *Gondwana Research*, 2021, v. 100, p. 53–72. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2020.09.008>
- Dronov A.V., Huff W.D., Kanygin A.V., Timokhin A.V., and Gonta T.V.** K–bentonites in the Ordovician of the Siberian Platform. 13th International Symposium on the Ordovician System: Contributions of International Symposium. Novosibirsk, Russia (July 19–22, 2019) / Eds. O.T. Obut, N.V. Sennikov. Novosibirsk, Publishing House of SB RAS, 2019, p. 39–40. (ISBN 978–5–7692–1657–2) (DOI 10.15372/INTERNATIONAL2019O0T)
- Ernst R.E. and Youbi N.** How Large Igneous Provinces affect global climate, sometimes cause mass extinctions, and represent natural markers in the geological record // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2017, v. 478, p. 30–52.
- Fang Xiang, Zhen Yi Yong, Wang Guangxu, Wei Xin, Chen Zhongyang, Liang Yan, Wu Xuejin, Li Wenjie, Li Chao, Zhan Renbin and Zhang Yuandong.** Ordovician integrative stratigraphy, biotas, and paleogeographical evolution of the Qinghai-Tibetan Plateau and its surrounding areas // *Science China, Earth Sciences. Review*. 2024, April, Vol.67, No.4. P. 971–1004 <https://doi.org/10.1007/s11430-023-1184-6>.
- Gradstein F.M., Ogg J.G., Smith A.G., and Ogg G.M.** *The Geologic Time Scale 2020*. Vol. 2. Elsevier. 2020. P. 563–1357 p.
- Huff W.D., Dronov A.V., Sell B., Kanygin A.V. and Gonta T.V.** Traces of explosive volcanic eruptions in the Upper Ordovician of the Siberian Platform // *Estonian Journal of Earth Sciences*, 2014, v. 63(4), p. 244–250. doi: 10.3176/earth.2014.26
- Lu Yangbo, Shen Jun, Wang Yuxuan, Lu Yongchao, Algeo Thomas J., Jiang Shu, Yan Detian, and Gou Qiyang.** Seawater sources of Hg enrichment in Ordovician–Silurian boundary strata, South China // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2022, v. 601, электр. публ. doi.org/10.1016/j.palaeo.2022.111156.
- Mangano M.G., Astini R.A., Buatois L.A., and Dávila F.M.** The Ordovician System in the Famatina Belt: Depositional and Tectonic Evolution. In: Aceñolaza, F.C. (ed.), *Aspects of the Ordovician System in Argentina. Serie Correlación Geológica*, 2003, № 16, p. 295–312.
- Ordovician** from the Andes. Eds: Albanesi G.I., Beresi M.S. and Peralta S.H. *INSUGEO, Serie Correlacion Geologica*, 17, 2003, 549 p.
- Ordovician** in the western Yangtze region, South China Palaeoplate // *Palaeoworld. Special issue*. Eds. Wang Guang-Xu, Zhan Ren-Bin 2023. Vol. 32, Issue 2, June. 366 p.
- Ordovician** of the World. Eds: Gutierrez–Marco J.C., Rabano I., Garcia–Bellido G. *Instituto Geologico y Minero de Espana. Madrid*, 2011, 679 p.
- Proceedings** of the 14th International Symposium on the Ordovician System // *Estonian Journal of Earth Sciences. Special issue. Guest Editors: Meidla T. and Männik P.* 2023, 72/1. 174 p.
- Ryazantsev A.V., Tolmacheva T.Yu., and Nikitina O.I.** Ophiolite, volcanic arc and continental rift assemblages of the Chu–Ili Mountain Range in Central Kazakhstan // *Acta Palaeontologica Sinica*, 2007, v. 46, Suppl., p. 429–433.
- Sennikov N.V., Gusev N.I., Tokarev V.N., Yur’ev A.A., Timokhin A.V., Khabibulina R.A., Gonta T.V., Sherbanenko T.A., and Gutak Ya.M.** The O/S boundary in Salair volcanic-sedimentary deposits: fauna, isotopic age (South Siberia, Russia). 13th International Symposium on the Ordovician System: Contributions of International Symposium. Novosibirsk, Russia (July 19–22, 2019) / Eds. O.T. Obut, N.V. Sennikov. Novosibirsk, Publishing House of SB RAS. 2019. P. 179–180
- Sennikov N.V., Korovnikov I.V., Obut O.T., Tokarev D.A., Novozhilova N.V., and Danelian T.** The Lower Cambrian of the Salair and Gorny Altai (Siberia) revisited // *Bull. Soc. géol. France*, 2017, t. 188, no 1–2, pp. 109–118.
- Sennikov N.V., Obut O.T., Iwata K., Khlebnikova T.V., and Ermikov V.D.** Lithological Markers and Bio–indicators of Deep–water Environments During Paleozoic Siliceous Sedimentation (Gorny Altai Segment of the Paleo–Asian Ocean) // *Gondwana Research*, 2004, v. 7, № 3, p. 843–852.
- The Global Ordovician and Silurian.** Eds: Li J., Fam J., Percival I. *Acta Palaeontologica Sinica*, 2007, v. 46, Suppl., 566 p.
- Toselli A.J., Sial A.J., and Rossi J.** Ordovician Magmatism of the Sierras Pampeanas, Sistema de Famatina and Cordillera Oriental, NW of Argentina. In: Aceñolaza F.C. (ed.), *Aspects of the Ordovician System in Argentina. Serie Correlación Geológica*, 2003, № 16, p. 313–323.
- Zhang Y. D., Zhan R. B., Zhen Y.Y., Wang Z. H., Yuan W.W., Fang X., Ma X., and Zhang J.P.** Ordovician integrative stratigraphy and timescale of China // *Science China Earth Sciences*, 2019, v. 62, p. 61–88.

X-ray fluorescence spectrometer (LANScientific TrueX960) (LOD – below the detection limit)			
Sections, rocks, formations and age	The “Cow Lake” Section		The "Voykov street" Section
	Siltstones, with fauna and admixture of tuff material (tuffites)	Tuffs	Tuffs
	The Karastun Formation, Darriwilan Stage		The Weber Formation, Hirnantian Stage
Elements	Content range (%) (by 3 samples)	Content range (%) (by 4 samples)	Content range (%) (by 2 samples)
Mg	7,544 - 7,79	6,1 – 7,262	6,03 - 13,67
Al	15,341 - 24,154	25,006 – 27,464	17,354 - 18,188
Si	10,164 - 18,989	18,282 – 21,187	8,77 - 8,861
P	1,45 – 1,798	0,34 – 1,631	1,198 - 1,801
S	0,155 – 0,547	0,119 - 0,36	0,077 - 0,47
K	2,233 – 2,236	2,149 - 2,533	LOD
Ca	0,74 – 1,097	0,834 – 1,466	5,848 - 10,398
Ti	0,216 – 0,286	0,38 – 0,651	0,298 - 0,531
Mn	0,315 – 0,744	0,03 – 0,05	0,086 - 0,32
Fe	4,024 – 8,574	4,503 – 6,231	3,61 - 4,533
Zn	LOD	0,008 – 0,01	0,007 - 0,009
As	0,019 – 0,033	0,02 – 0,08	LOD
Rb	0,007 – 0,008	0,007 – 0,008	LOD
Sr	0,022 - 0,049	0,083 – 0,092	0,127 – 0,154
Zr	0,029 – 0,038	0,028 – 0,04	0,045 - 0,056
Mo	0,016 – 0,028	0,018 – 0,025	0,018 - 0,022
Ag	0,037 – 0,04	0,033 – 0,042	0,036 - 0,038
Cd	0,016	0,01 – 0,017	0,014
Sn	0,014 – 0,019	0,007 – 0,034	0,017 - 0,025
Sb	0,007	0,007 – 0,01	0,026

Suppl. 1. The elemental composition of the Ordovician effusive rocks of the sections "Cow Lake" and "Voykov Street".