

## Венд Южного Урала: обзор исследований начала XXI в.

А. В. Маслов

Институт геологии и геохимии УрО РАН, 620110, г. Екатеринбург, ул. Акад. Вонсовского, 15,  
e-mail: amas2004@mail.ru

Поступила в редакцию 17.02.2022 г., принята к печати 04.04.2022 г.

Объектами исследования являются раздел по стратиграфии венда Западно-Башкирской подзоны, написанный для Объяснительной записки к листу N-40 – Уфа Госгеолкарты Российской Федерации 1000/3, а также результаты, полученные при различных тематических (стратиграфических, палеонтологических, литогеохимических, палеомагнитных и др.) исследованиях осадочных последовательностей венда указанной подзоны Башкирского мегантиклинория. *Материалы и методы.* Материалы – факты и аргументы в пользу тех или иных выводов и представлений различных авторов. Метод – сопоставление и анализ фактов, выводов и представлений предшественников. *Результаты.* Высказано предположение, что исследования архитектуры разрезов венда Южного Урала, по всей видимости, почти достигли совершенства, хотя принадлежность разных свит к региональным ярусам венда Восточно-Европейской платформы до сих пор трактуется по-разному. Исследования вендской макро- и микрофауны на западном склоне Южного Урала можно считать находящимися только в начале пути. Датирование обломочных цирконов из песчаников ашинской серии должно быть, несомненно, продолжено. Для венда западного склона Южного Урала сделаны первые шаги в отношении датирования цирконов из вулканических туфов/пеплов. Эти работы все еще далеки до завершения. Пик палеомагнитных исследований осадочных толщ венда Южного Урала в определенной мере, возможно, пройден, тем не менее их также необходимо продолжать. Наконец, первые шаги были сделаны более 20 лет назад в исследовании химического состава минералов тяжелой фракции, позволившие получить принципиально новую информацию о составе и эволюции источников кластиков для осадочных последовательностей ашинской серии. Работы подобного плана также требуют продолжения. *Заключение.* Анализ опубликованных в двух первых десятилетиях XXI в. результатов исследования осадочных толщ венда Южного Урала позволил выявить их сильные и слабые стороны и наметить возможные направления дальнейших работ.

**Ключевые слова:** Южный Урал, венд, результаты исследований, XXI век

### Источник финансирования

Исследования проведены в соответствии с темой госзадания ИГГ УрО РАН (№ госрегистрации АААА-А18-118053090044-1)

## Vendian of the Southern Urals: a review of research at the beginning of the 21st century

Andrey V. Maslov

A.N. Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, UB RAS, 15 Akad. Vonsovsky st., Ekaterinburg 620110, Russia,  
e-mail: amas2004@mail.ru

Received 17.02.2022, accepted 04.04.2022

*Research subject.* The author investigates sections of the Vendian stratigraphy in the West Bashkirian subzone, written for an Explanatory Note to sheet N-40 – Ufa of the State Geological Map 1000/3 of the Russian Federation, as well as the results obtained with various thematic (stratigraphic, paleontological, lithogeochemical, paleomagnetic, etc.) studies of the Vendian sedimentary sequences of the indicated subzone of the Bashkirian meganticlinorium. *Materials and methods.* A comparison and analysis of research materials was conducted. The research materials included facts, ideas and arguments in favor of certain conclusions and ideas of various authors. *Results.* A suggestion was made that studies into the architecture of the Vendian deposits of the Southern Urals, apparently, had almost reached perfection. At the same time, the affiliation of different formations to the regional stages of the Vendian of the East European Platform is still interpreted differently. Studies into the Vendian macro- and microfauna on the western slope of the Southern Urals can only be considered at their nascent stage. The dating of detrital zircons from sandstones of the Asha Group should undoubtedly be continued.

**Для цитирования:** Маслов А.В. (2022) Венд Южного Урала: обзор исследований начала XXI века. *Литосфера*, 22(4), 409–431. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2022-22-4-409-431>

**For citation:** Maslov A.V. (2022) Vendian of the Southern Urals: a review of research at the beginning of the 21st century. *Lithosphere (Russia)*, 22(4), 409–431. (In Russ.) <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2022-22-4-409-431>

For the Vendian of the western slope of the Southern Urals, the first steps have been taken regarding the dating of zircons from volcanic tuffs/ashes. These works are still far from being completed. The peak of paleomagnetic studies into the sedimentary sequences of the Vendian, to a certain extent, may have been passed; nevertheless, these research works should also be continued. Finally, only preliminary steps were taken more than 20 years ago in the study of the chemical composition of heavy minerals, which made it possible to obtain fundamentally new information on the composition and evolution of the sources of clastic material for the sedimentary sequences of the Asha Group. Works of this kind also needs to be continued. *Conclusion.* The conducted analysis of the studies into the Vendian sedimentary sequences of the Southern Urals published in the first two decades of the 21st century made it possible to identify their strengths and weaknesses, as well as to outline directions for further work.

**Keywords:** *Southern Urals, Vendian, research results, 21st century*

#### **Funding information**

*The studies were carried out in accordance with the theme of the state assignment of the IGG UB RAS (state registration No. AAAA-A18-118053090044-1)*

#### **Acknowledgements**

The author is sincerely grateful to N.G. Vorobieva, E.Yu. Golubkova, O.Yu. Melnichuk, V.N. Podkovyrov and E.G. Raevskaya for their assistance in the preparation of this work. Illustrations for the article were made by N.S. Glushkova.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Геологические исследования в России ведутся в рамках двух в той или иной мере взаимопереpletaющихся потоков – это выполняемые Геологической службой России картосоставительские работы разных масштабов и тематические исследования, проводимые преимущественно в организациях Российской академии наук и отчасти в вузах. Есть тематические работы и в институтах Федерального агентства по недропользованию РФ (ВСЕГЕИ, ВНИГНИ, ВИМС, ЗапСибНИИГГ и др.).

Главным продуктом Геологической службы России являются государственные геологические карты Российской Федерации масштабов 1 : 200 000 (Госгеолкарта-200) и 1 : 1 000 000 (Госгеолкарта-1000), выступающие основой геологического картографического фонда страны (Геологический словарь, 2010–2012). Они включают в себя комплекты регламентированных по содержанию и оформлению обязательных карт геологического содержания соответствующих масштабов с объяснительными записками. Карты составляются по отдельным номенклатурным листам и сериям листов (уральская, западно-сибирская, мезенская, центрально-европейская и др.) государственной топографической основы в типовых условных обозначениях и издаются в качестве официального государственного документа. Для серий листов разрабатываются серийные легенды – системы картируемых геологических подразделений (комплексов, серий, свит и др.) и отдельных геологических объектов, а также набор соответствующих условных знаков (Геологический словарь, 2010–2012).

Госгеолкарта-1000 представляет собой результат сводного геологического картографирова-

ния/генерализации карт геологического содержания крупного и среднего масштабов (прежде всего Госгеолкарты-200) (Геологический словарь, 2010–2012). Как отмечено О.В. Петровым с соавторами (2016), вопрос об обновлении Госгеолкарты масштаба 1 : 1 000 000 встал перед Госгеолслужбой РФ в 1990-х гг.; необходимость подготовки нового (третьего) поколения такой карты была обусловлена рядом обстоятельств, прежде всего моральным старением. Главной задачей работ по созданию Госгеолкарты-1000/3 выступало “формирование банка фундаментальной геологической информации, обеспечивающей развитие геологической науки, общих знаний о геологическом строении и минерагеническом потенциале земной коры, динамике геологических процессов и явлений, необходимых для разработки и реализации стратегических вопросов изучения и рационального использования недр” (Петров и др., 2016, с. 23). Важно иметь в виду, что создавать карту предполагалось камеральным путем на основе научного обобщения и интерпретации всех ранее полученных геологических, геофизических, геохимических и других материалов (разрядка наша. – А. М.). Сопровождающие эти работы полевые исследования предусматривались в минимально необходимых объемах. Одной из основных задач при создании комплектов Госгеолкарт-1000/3 является уточнение возраста, тектонической позиции, границ и площадей распространения стратифицированных и нестратифицированных геологических образований, служащих объектами картографирования, а среди целевых назначений указаны обеспечение развития прикладной геологической науки, общих знаний о геологическом строении (разрядка наша. – А. М.) и минерагеническом потенциале регионов страны, изуче-

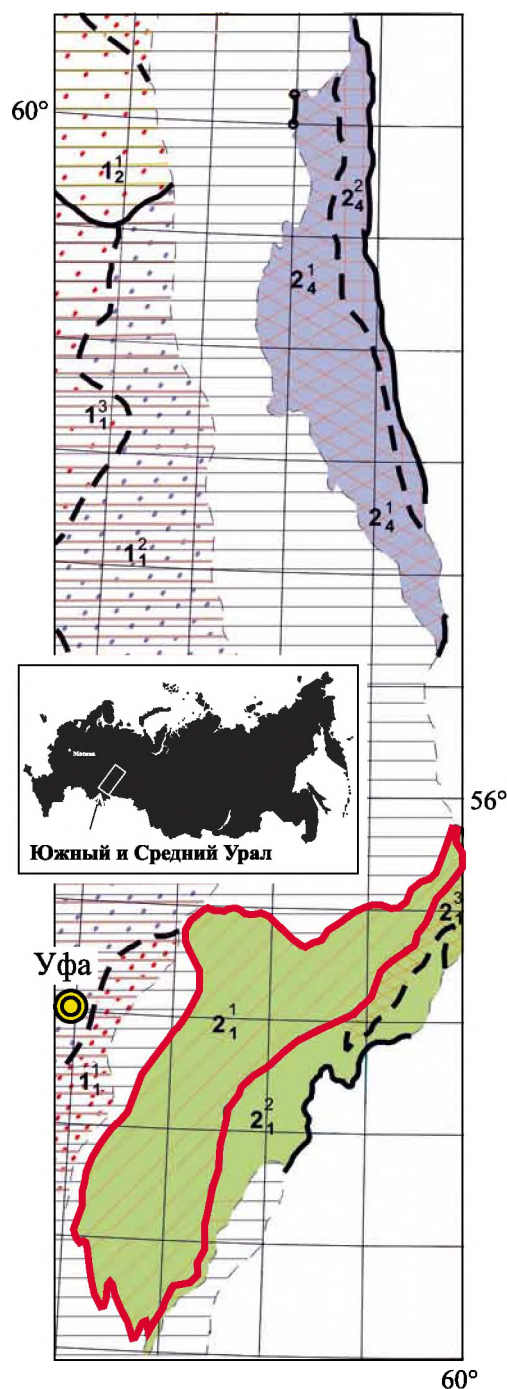
ние и рациональное использование недр (Методическое руководство..., 2009).

Главный продукт тематических исследований с недавних пор – промежуточные (каждый год) и окончательные отчеты по регистрируемым в Единой государственной информационной системе учета научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения темам, а также статьи в рецензируемых отечественных и зарубежных журналах и, в существенно меньшей степени, монографии.

При внимательном знакомстве с содержанием обоих потоков информации – фундаментальных знаний о недрах – можно отметить, что степень их пересекаемости и взаимообогащаемости часто оставляет желать лучшего. Далее сделана попытка показать это на ряде примеров из Объяснительной записки к комплекту карт листа N-40 – Уфа (Князев и др., 2013), охватывающего всю область распространения верхнедевонских отложений Южного Урала<sup>1</sup>, а также различных публикаций<sup>2</sup>.

#### ПОТОК I (ОБОБЩЕНИЕ ДАННЫХ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ЛИСТА ГОСГЕОЛКАРТЫ-1000/3 N-40 – УФА)

Для уральской серии листов Госгеолкарты-1000 (третье поколение) актуализированная легенда подготовлена А.В. Ждановым (2009). Наиболее полные осадочные последовательности венда известны, в соответствии с ней, в Западно-Башкирской и Язывинско-Косьювинской подзонах Башкирского и Кваркушко-Каменногорского мегантиклинориев (структурно-фациальных зон) (рис. 1). Вендские картируемые подразделения (КП) указанных подзон скоррелированы в легенде следующим образом (рис. 2). Дворецкая толща, танинская, гарёвская, койвенская, бутонская и низы керносской свиты Язывинско-Косьювинской подзоны аналогов на западном склоне Южного Урала не имеют. Верхи керносской свиты, а также старопечнинская и перевалокская свиты сопоставляются с бакеевско-басинским интервалом Западно-Башкирской подзоны. Верхние границы басинской и перевалокской свит, по мнению А.В. Жданова, по-видимому, примерно синхронны. Черно-



**Рис. 1.** Положение Западно-Башкирской ( $2_1^1$ , контуры обозначены жирной красной линией) и Язывинско-Косьювинской ( $2_4^1$ ) подзон в структуре Южного и Среднего Урала (Жданов, 2009, с упрощениями).

$1_1^1$  – Купкульско-Шиханская подобласть;  $1_2^1$  – Камско-Уфимская подобласть;  $1_3^1$  – Икско-Обвинская подобласть;  $1_4^1$  – Верхнекамская подобласть;  $2_1^2$  – Восточно-Башкирская подзона;  $2_2^3$  – Златоустовская подзона;  $2_4^2$  – Усьвинско-Синегорская подзона. Горизонтальная штриховка – участок земной коры с залеганием досреднекембрийских образований на большой глубине, их формационная принадлежность и корреляция дискуссионны. Обзорная карта России заимствована с сайта <https://sklyarov.studio/projects/vector-map-russia>.

<sup>1</sup> Автор никогда тесно не соприкасался с работой специалистов Геологической службы России, не знает многих тонкостей их работы и положений инструкций, ее регламентирующих. В его распоряжении есть только текст Объяснительной записки и личные знания о предмете исследований – вендских осадочных последовательностях Башкирского мегантиклинория – и геологической литературе, им посвященной.

<sup>2</sup> За неимением достаточного места в последнем случае использованы не все известные нам литературные источники. Надеемся на понимание их авторов.

**Fig. 1.** Position of the West Bashkirian ( $2_1^1$ , contours are underlined with a bold red line) and Yaz'va-Kos'va ( $2_4^1$ ) subzones in the structure of the Southern and Middle Urals (Zhdanov, 2009, with simplifications).

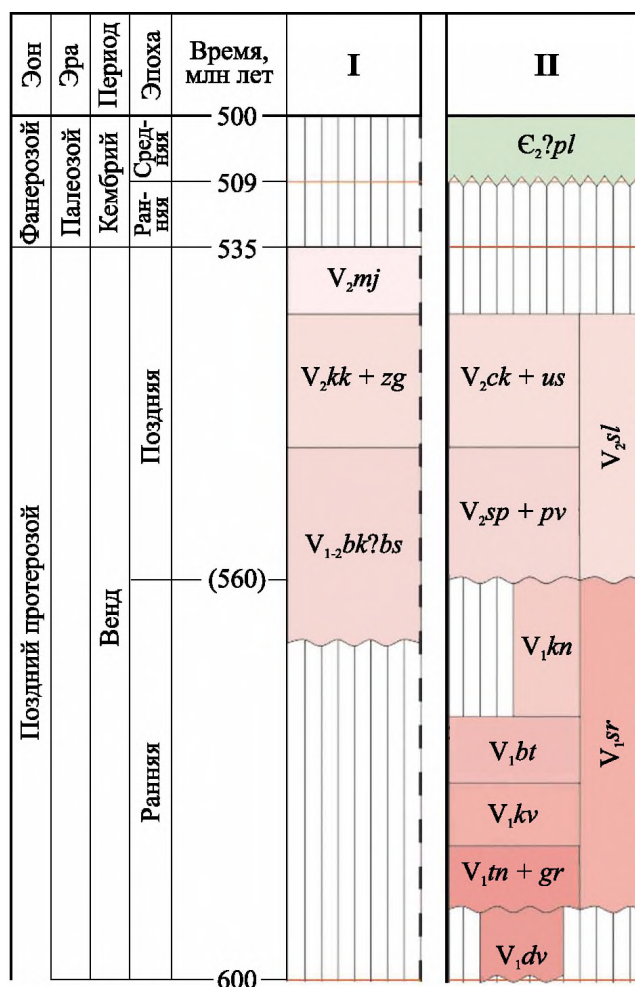
$1_1^1$  – Kushkul'-Shikhan subregion;  $1_1^2$  – Kama-Ufa subregion;  $1_1^3$  – Iksko-Obvinskaya subregion;  $1_2^1$  – Verkhnekamsk subregion;  $2_1^2$  – East Bashkirian subzone;  $2_1^3$  – Zlatoust subzone;  $2_4^2$  – Us'va-Sinyaya Gora subzone. Horizontal hatching – a section of the earth's crust with the occurrence of pre-Middle Cambrian formations at great depths, their formation affiliation and correlation are debatable. Overview map of Russia borrowed from <https://sklyarov.studio/projects/vector-map-russia>.

каменная и усть-сылвицкая свиты скоррелированы с куккараукской и зиганской свитами. Стратиграфический объем обеих пар литостратиграфических единиц одинаков.

Посвященный венду стратиграфический раздел Объяснительной записки к листу N-40 – Уфа (Князев и др., 2013) почти полностью основывается на указанной легенде, хотя имеет и некоторые особенности. Объяснительная записка рекомендована к печати НРС Роснедра 7 июня 2011 г., соответственно, последние учтенные ее авторами публикации и фондовые работы датированы 2010 г. Так как написать, т. е. полностью переписать во избежание неправомерных заимствований своими словами, весь анализируемый текст невозможно, то далее есть, несомненно, заимствования и фрагменты, близкие по содержанию к оригинальному тексту указанной Объяснительной записки.

В Западно-Башкирской подзоне венд, по данным (Князев и др., 2013), представлен обоими отделами, однако в тексте Записки нет каких-либо упоминаний о региоярусах верхнего венда и лапландском гляциогоризонте. На подстилающих породах рифея (укская свита) отложения венда (бакеевская свита) залегают с отчетливым стратиграфическим несогласием и существенным размывом. Ни о толпаровской, ни о суировской свитах, с существенным размывом залегающих на отложениях верхнего рифея (размыв вплоть до катавской свиты) в бассейне р. Зилим в районе д. Толпарово (см., например (Келлер и др., 1984)) и перекрываемых согласно породами урюкской свиты, в Объяснительной записке к листу N-40 – Уфа не сказано ни слова.

Картинуемых подразделений в венде авторами выделено два. Первое КП включает объединенные (так как мощность большинства свит венда невелика, то с учетом масштаба карты они требуют объединения) бакеевскую, урюкскую и басинскую свиты, принадлежащие и нижнему и верхнему венду. Это преимущественно олигомиктовые песчаники, алевролиты и глинистые породы, часто с глауконитом, возраст которого равен, по данным публи-



**Рис. 2.** Схема корреляции вендских стратонев Западно-Башкирской (I) и Язьвинско-Косьюинской (II) подзон в легенде Уральской серии листов Гостеолкарты-1000/3 (Жданов, 2009).

$V_{12}bk?bs$  – бакеевская, урюкская и басинская свиты;  $V_2kk + zg$  – куккараукская и зиганская свиты;  $V_2mj$  – малоямантауская свита;  $V_1sr$  – серебрянская серия;  $V_2sl$  – сылвицкая серия;  $V_1dv$  – дворецкая толща;  $V_1tn + gr$  – тантинская и гаревская свиты;  $V_1kv$  – койвенская свита;  $V_1bt$  – бутонская свита;  $V_1kn$  – керноская свита;  $V_2sp + pv$  – старопечинская и перевалокская свиты;  $V_2ck + us$  – чернокаменная и усть-сылвицкая свиты;  $E_2?pl$  – полудовская свита.

**Fig. 2.** Correlation scheme of the Vendian stratigraphic units of the West Bashkirian (I) and Yaz'va-Kos'va (II) subzones in the Legend of the Ural series of sheets of the State geological map of the Russian Federation, scale 1 : 1,000,000 (Gosgeolcarta-1000/3) (Zhdanov, 2009).

$V_{12}bk?bs$  – Bakeevo, Uryuk and Basa formations;  $V_2kk + zg$  – Kukkarauk and Zigan formations;  $V_2mj$  – Malyi Yamantau Formation;  $V_1sr$  – Serebryanka Group;  $V_2sl$  – Sylvitsa Group;  $V_1dv$  – Dvoretz thick;  $V_1tn + gr$  – Tany and Garevka formations;  $V_1kv$  – Koiva Formation;  $V_1bt$  – Buton Formation;  $V_1kn$  – Kemos Formation;  $V_2sp + pv$  – Starye Pechi and Perevalok formations;  $V_2ck + us$  – Chemyi Kamen and Ust-Sylvitsa formations;  $E_2?pl$  – Polyudovo Formation.



кации (Glasmacher et al., 2001)<sup>3</sup>, 605 и 609 млн лет (бакеевская свита, мощность 100–200 м). В нижней части бакеевской свиты можно видеть прослои конгломератов и гравелитов; в ряде разрезов присутствуют пропластки и гнезда гематита. Урюкская свита (более 250 м) сложена светло-, желтовато- и розовато-серыми кварцевыми или олигомиктовыми (редко аркозовыми или полимиктовыми) крупнозернистыми песчаниками, гравелитами и конгломератами. С перекрывающей басинской свитой этот компонент разреза венда Западно-Башкирской подзоны связан постепенным переходом. Басинская свита (700–900 м) представлена преимущественно полимиктовыми и кварцевыми песчаниками, чередующимися с алевролитами, аргиллитами или глинистыми сланцами. Изотопный возраст (К-Аг метод) глауконита из песчаников и алевролитов басинской свиты в разрезе по р. Басу (ниже хут. Кулмас) составляет 600 млн лет, а в разрезе по руч. Киселев Ключ – 557 млн лет. Ссылка здесь дается на работу, опубликованную более 60 (!!!) лет назад – (Полевая и др., 1960). С перекрывающей куккараукской свитой басинская свита имеет постепенный переход. Глинистые породы бакеевской и басинской свит содержат микрофоссилии. Список их таксонов приведен, но анализ вертикального распространения отсутствует. Судя по номеру ссылки (104), названия микрофоссилий, присутствующих в породах басинской свиты, заимствованы авторами Объяснительной записки из работы (Иванов, 1949), но это совершенно точно не так.

Второе КП состоит из объединенных куккараукской и зиганской свит, принадлежащих верхнему венду. Куккараукская свита (450–750 м) включает в себя крупнозернистые и гравийные грауваксовые или кварцевые песчаники с прослоями алевролитов, аргиллитов, линзами гравелитов, мелко- и среднегалечных конгломератов. С перекрывающей зиганской свитой она имеет постепенный переход. Зиганская свита (300–400 м) объединяет грауваксовые песчаники и алевролиты, чередующиеся с углесто-глинистыми аргиллитами. Есть в ее разрезах также прослои и линзы гравийных конгломератов<sup>4</sup>. В зиганской свите описаны микрофоссилии и нитчатые водоросли. Здесь в тексте Объяснительной записки дана ссылка на литературный источник 143 – (Маслов, Ишерская, 1998), так как первый ее автор и автор данной публикации – одно и то же лицо, можем заверить в ошибочности ссылки. Отложения второго КП перекрыты с выражен-

ным угловым и стратиграфическим несогласием разновозрастными отложениями палеозоя.

Имеющаяся в легенде уральской серии листов (Жданов, 2009) малоямантауская свита в рассматриваемой Объяснительной записке отсутствует. Причину этого найти нам не удалось. Нет в тексте также такого крупного стратона, как ашинская серия. Каких-либо аргументов в пользу этого, довольно вольного, обращения с традиционной уральской региональной стратиграфией мы также обнаружить не смогли. Остается предположить, что то, что отнесено в рассматриваемой работе к венду, не отвечает, вероятно, понятию “серия”, т. е. не является крупным циклом осадконакопления и/или охарактеризовано общими условиями формирования, не имеет преобладания определенных пород и не обладает их направленной сменной или особой ритмичностью и т. п. (Стратиграфический кодекс..., 2019). В нашем предположении есть определенный смысл, но если и авторы Объяснительной записки пришли к такому же выводу, то он, несомненно, требует внятных аргументов.

Базируясь на приведенной информации и выходя “за рамки” своего миллионного листа, авторы Объяснительной записки в итоге предложили следующее видение истории геологического развития территории: “В самом конце рифея (поздний кудаш<sup>5</sup>) возникает новая континентально-рифтовая система, на этот раз субмеридионального (близуральского) простирания, существующая и в раннем венде. Она характеризуется типичным “пестрым” набором формаций<sup>6</sup> с существенной ролью контрастных по основности и щелочности вулканитов и интрузивных пород (преимущественно гипабиссальных). Последние на рассматриваемой территории представлены позднерифейскими инзерским габбро-долеритовым, миселинско-авашлинским сиенитовым и барангуловским габбро-гранитовым, а также ранневендским криволукско-мисаелгинским габ-

<sup>5</sup> Данный термин давно исчез из Общей стратиграфической шкалы докембрия России (Стратиграфический кодекс..., 2019, с. 62). Странно, что авторы, по всей видимости, либо об этом не знают, либо вынуждены следовать серийной легенде (Жданов, 2009), где такое подразделение, наряду с кипчаком и тангауром – подразделениями верхнего рифея (также неудачными, на наш взгляд), присутствует.

<sup>6</sup> Это совершенно замечательный тезис, но неясно, что авторы понимают под “пестрым набором формаций”. Бакеевская свита, хотя и не распространена на всей территории Западно-Башкирской подзоны, но прослеживается от г. Усть-Катав (Челябинская обл.) до бассейна р. Зилим, как минимум. Урюкская свита в этой же подзоне присутствует примерно в одних и тех же фациях от того же г. Усть-Катав на севере до бассейна р. Урюк на юге. Следовательно, нет на этом уровне “пестрого набора формаций”, как, скорее всего, и “континентально-рифтовой системы”.

<sup>3</sup> Ссылка на работу немецких специалистов при указании на возраст глауконита бакеевской свиты выглядит довольно странно, так как подобную информацию можно вполне найти и в отечественных публикациях.

<sup>4</sup> Что это такое – понять трудно: по-видимому, и не гравелиты, и не конгломераты.

бро-пикродолеритовым комплексами. С большой степенью уверенности можно говорить о существенном предвендском размыве<sup>7</sup>, поскольку осадки (преимущественно обломочные), соответствующие описываемому эпизоду, появляются только в раннем венде (бакеевская, криволукская и другие свиты); иногда фиксируются коры выветривания (мощностью до 130 м) в основании системы” (Князев и др., 2013, с. 224–225).

Далее авторы вновь выходят за рамки листа N-40 и пишут следующее: “Во внутренней [части рифта]<sup>8</sup> (за пределами площади, в Зауралье) почти синхронно возникает глубокий раздвиг с образованием коры субокеанического типа, а чуть позже – и зачатки энсиматической островной дуги... Этот линеймент разделяет единую до этого мегаплиту на два палеоконтинента, расхождение которых друг от друга, вероятно, было сравнительно небольшим (а на юге Урала, скорее всего, отвечало лишь “красноморской” стадии рифтообразования). При сближении континентов (в конце раннего венда) и последующей коллизии (поздний венд–начало кембрия) происходит обдукция древних офиолитов и островодужных комплексов; начинает формироваться орогенный пояс. Продукты размываемых байкалит<sup>9</sup> образуют мощные толщи разнообломочных терригенных осадков, слагающих межгорные депрессии (за восточной рамкой листа) и заполняющих “Предраннеуральский” передовой прогиб в более западных районах... Внутренние части орогена в конце венда–раннем кембрии оставались еще нестабильными; в них спорадически проявлялась вулканическая деятельность – аршинская свита...<sup>10</sup>

<sup>7</sup> Этот тезис авторов Объяснительной записки также выглядит странным. Да, бакеевская свита имеет, по всей видимости, ранневендский возраст. Да, она залегает с перерывом и размывом на известняках укской свиты верхнего рифея. Что из этого следует? На чем основано предположение авторов о “существенном предвендском перерыве”? Для глауконита из укской свиты ими указано: “Радиоизотопный возраст глауконитов из основания свиты 620–640 млн лет”. Эти данные заимствованы из работы (Гаррис, 1964). Если возраст глауконита из бакеевской свиты, как пишут авторы Записки, составляет 609–605 млн лет, то длительность перерыва между укской и бакеевской свитами можно оценить примерно в 10–15 млн лет. Это действительно много?

<sup>8</sup> Если в квадратных скобках приведен текст, то это наша расшифровка различных авторских сокращений.

<sup>9</sup> Это для Урала устаревший термин.

<sup>10</sup> Здесь следует отметить, что возраст аршинской свиты, которая развита в пределах Уралтауской структурно-фациальной зоны, принимается авторами Записки вендским, в том числе со ссылкой на источник “Лист N-40-XVIII / Жданов А.В. 2003” (что это такое – понять трудно, так как не ясно, где указано на наличие в графитистых сланцах свиты вендских микрофоссилий. Какими-либо данными изотопного возраста сви-

Еще западнее, во внешней зоне прогиба накапливались типичные амагматичные молассы (ашинская серия<sup>11</sup> на Южном Урале, севернее – сыльвицкая и чурочная серии)” (Князев и др., 2013, с. 225).

## ПОТОК II (ТЕМАТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ)

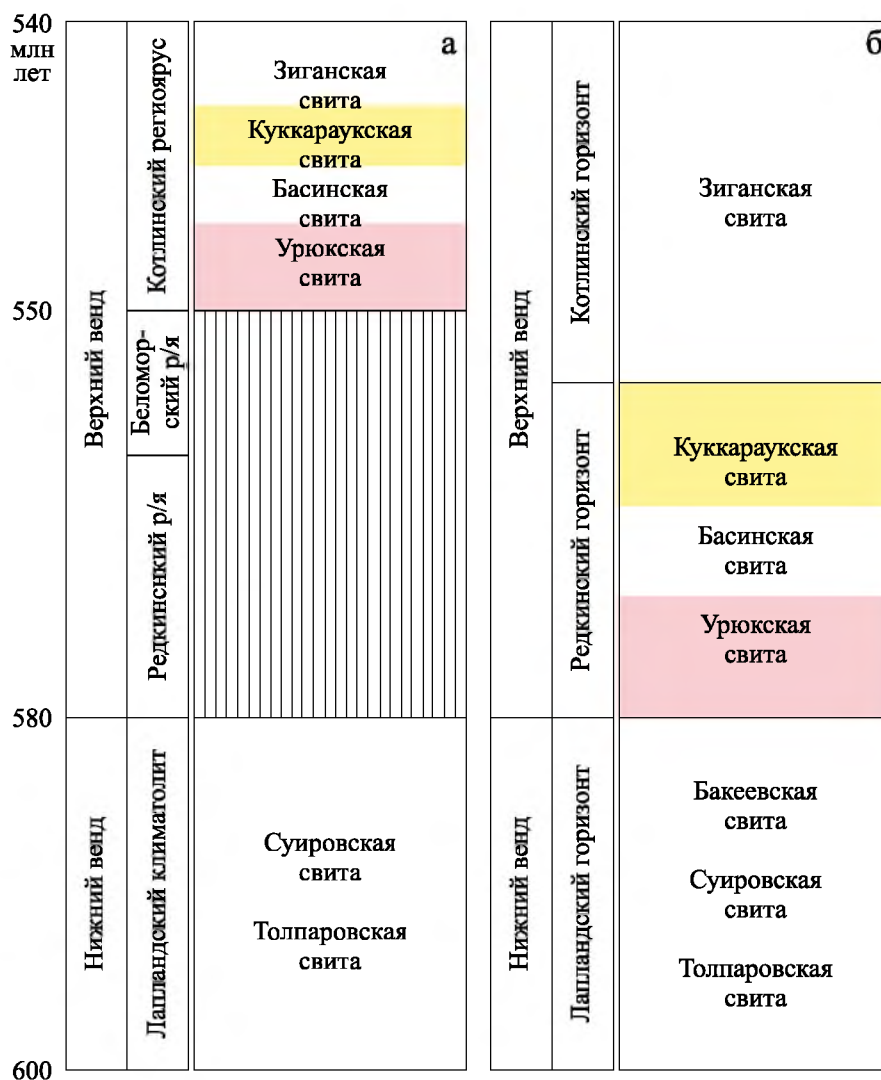
Современные тематические исследования вендских осадочных последовательностей Южного Урала можно датировать концом XX–началом XXI в. Выполнялись они специалистами Института геологии Уфимского НЦ РАН (г. Уфа) и Института геологии и геохимии УрО РАН (г. Екатеринбург) в кооперации с немецкими, американскими и австралийскими коллегами, а также сотрудниками Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН (г. Новосибирск), ГИН РАН и Института физики Земли РАН (г. Москва). Во избежание излишней дробности повествования попытаемся дать информацию по направлениям работ, указывая что, кем и для какого региона сделано. Несколько ранее подобная попытка была предпринята авторами монографии (Иванцов и др., 2018), но ряд вопросов остался вне поля их зрения. Мы не стремимся так или иначе оценить полученные разными авторами результаты и сделанные на их основе выводы. Наша задача более скромная – собрать вместе разные или сходные точки зрения и акцентировать внимание читателей на публикациях, внесших в познание венда Южного Урала существенный или принципиально новый вклад.

### Расчленение и корреляция осадочных последовательностей

Конструкция разрезов венда западного склона Южного Урала по результатам исследований последних более чем 20 лет не претерпела каких-либо кардинальных изменений. Соотношение различных литостратиграфических единиц венда Южного Урала с региональными ярусами венда Восточно-Европейской платформы в работе (Гражданкин, Маслов, 2015) трактуется следующим образом (рис. 3). Урюкская (присутствие в мелкогалечниковых конгломератах основания урюкской свиты обломков алевролитов с глауконитом, похожих по

та в тексте записки не охарактеризована. В более “молодой”, чем все учтенные авторами Объяснительной записки публикации, работе (Краснобаев и др., 2012) изотопный возраст циркона из метабазальтов аршинской свиты/серии определен в интервале 735–705 млн лет, следовательно, это – верхнерифейское подразделение.

<sup>11</sup> Такой серии во всем тексте Объяснительной записки до данного момента (с. 225) нет. Здесь невозможно удержаться от иронии: по-видимому, это также что-то из зарамочных объектов.



**Рис. 3.** Принадлежность литостратиграфических единиц ашинской серии Южного Урала региоюрсам венда по представлениям разных авторов.

а – (Гражданкин, Маслов, 2015), б – (Иванцов и др., 2018).

**Fig. 3.** Assignment of lithostratigraphic units of the Asha Group of the Southern Urals to Vendian regional stages according to the ideas of different authors.

а – (Grazhdankin, Maslov, 2015), б – (Ivantsov et al., 2018).

облику на породы бакеевской свиты, дает основание предполагать разрыв в ее основании), басинская (вулканические пеплы с U-Pb-изотопным возрастом цирконов  $548 \pm 4$  млн лет из разреза “Шанхай” в г. Усть-Катав считались Д.В. Гражданкиным принадлежащими ее нижней части), куккараукская и зиганская свиты ашинской серии сопоставлены с котлинским региоюрсом, а толпаровская и суировская свиты – с лапландским. В монографии (Иванцов и др., 2018, рис. 2, с. 83) приведена иная схема корреляции отложений венда северо-восточного и восточного обрамления Восточно-Европейской платформы и Западного Урала (см. рис. 3). Она

основывается на модифицированных представлениях предшественников. К нижнему венду отнесены бакеевская, толпаровская и суировская свиты Южного Урала. Урюкская, басинская и куккараукская свиты принадлежат редкинскому горизонту. Зиганская свита считается авторами работы (Иванцов и др., 2018) имеющей котлинский возраст.

При оценке сказанного следует помнить, что незадолго до этого толпаровская и суировская свиты считались сходными с терригенным комплексом Криволукского грабена и, следовательно, возраст их принимался ранневендским (Ключкина, 1991). Бакеевская свита, по мнению М.Л. Ключи-

ной, напротив, не может быть нижневендским подразделением. Присутствие в отложениях зиганской свиты трубчатых водорослей и фауны эдиакарского типа позволяло сопоставлять ашинскую серию с редкинским горизонтом венда, тогда как аналогов котлинского и ровенского горизонтов на Урале нет. Граница рифея и венда отвечает кровле карбонатной укской свиты и, следовательно, все терригенные толщи выше нее имеют вендский возраст.

### Общие особенности формирования осадочных толщ

А.В. Сочава (1996) обратил внимание на то, что чернокаменная, басинская и зиганская свиты Среднего и Южного Урала традиционно рассматриваются как моласса, но вместе с тем многие авторы отмечали их сходство с флишевыми формациями. По его мнению, сходство петрохимических характеристик граувакковых ассоциаций Урала и Варангер-Тиманского пояса позволяет сделать вывод о генетической близости рассматриваемых образований и принадлежности к турбидитовым осадкам континентального склона. Формирование всех перечисленных граувакковых ассоциаций, по видимому, не связано с завершающей стадией развития позднедокембрийских океанических бассейнов Урала и Тимана, а отмечает переход от стадии рифтогенеза к спредингу.

Анализируя поздневендский этап тектонического развития Урала, С.Н. Иванов и А.И. Русин (2000) указали, что природа поздневендской орогении понимается специалистами разных школ неоднозначно. Смысл дискуссии – завершились ли процессы континентального рифтогенеза энсиалическим континентальным орогенезом или рифтогенез продолжался и в позднем венде–раннем кембрии? Авторы полагают следующее: “Весьма вероятно, что контакт ордовикских и докембрийских толщ в восточной части Башкирского антиклинория, который всегда рассматривался как главное свидетельство доордовикской орогенной складчатости, в действительности является отделителем, возникшим при растяжении земной коры, предшествовавшим ее разрыву” (Иванов, Русин, 2000, с. 25). При этом высокобарический метаморфизм (следствие поздневендской орогении), по их мнению, на западном склоне Урала отсутствует.

В монографии (Пучков, 2000) к вендской молассе была отнесена не вся ашинская серия, а только басинская, куккараукская и зиганская свиты. Именно для слагающих их песчаников характерен полимиктовый/граувакковый состав. Урюкская свита принадлежит к молассе с определенной долей условности. В бакеевской и нижележащих свитах еще преобладает нехарактерная для молассы “кварцитовая компонента”, а минералы тяжелой фракции принципиально не отличаются от тех, что при-

сутствуют и в подстилающих отложениях. Резкое изменение состава терригенных образований происходит в позднем венде. Предполагается, что присутствующие в конгломератах куккараукской свиты гальки метаморфизованных терригенных пород, карбонатов, основных эффузивов, разнообразных гранитов и красных яшмоидов указывают на то, что источником их был поздневендский антиклинорий. Присутствие в породах молассы высокобарических слюд (фенгитов, здесь дана ссылка на публикацию (Алексеев, Алексеева, 1999)) прямо свидетельствуют о поступлении кластики за счет размытия Белорецкого поднятия – метаморфического купола.

Принципиально иную трактовку положения источников обломочного материала для ашинской серии предложили авторы работы (Кузнецов и др., 2012б). Они указывают, что преобладающие среди обломочных цирконов ашинской серии кристаллы с мезо- и палеопротерозойскими возрастными сопоставимы по возрасту с кристаллическими комплексами Свеко-Норвежской и Свеко-Фенской областей (северо-запад Восточно-Европейской платформы). Однако расстояние от названных областей до современного западного склона Южного Урала превышает 2000 км. Следовательно, “значительная удаленность области аккумуляции обломочного материала от его источника неминуемо должна приводить к “засорению” детрита материалом областей, через которые происходила его “транспортировка”. Это означает, что в ашинских породах доля “волго-уральских” цирконов должна быть существенно более весомой, чем “западно-балтийских”, в действительности же фиксируется противоположная ситуация. Все это дает нам основание предполагать, что обломочные породы ашинской серии сформировались из кластики, поступающей преимущественно не из фундамента (Восточно-Европейской платформы) и не из местных источников, т. е. кластика, слагающая породы ашинской серии, имеет преимущественно *небалтийское* происхождение” (Кузнецов и др., 2012б, с. 74). Исходя из сказанного и привлекая ряд дополнительных аргументов, Н.Б. Кузнецов с соавторами (2012б) считают, что таким небалтийским источником являлся метаморфический комплекс Кап Ривер в Квинсленде (Австралия), соответственно Уральский край Балтики и Квинслендский край Австралии располагались в венде в непосредственной близости друг от друга.

### Макрофауна

Находки разнообразных представителей вендской макрофауны на западном склоне Южного Урала известны в основном благодаря работам Ю.Р. Беккера (Беккер, Кишка, 1989, 1991; Беккер, 1996, 2010, 2013; и др.). Однако, как отмечено в



статье (Kolesnikov et al., 2015), в опубликованных в 1990–2013 гг. трудах Ю.Р. Беккера в отложениях ашинской серии Южного Урала идентифицировано в общей сложности 84 вида макрофоссилий (включая следы ползания). При внимательном рассмотрении по крайней мере 26 из этих таксонов можно считать псевдофоссилиями. Кроме того, 11 таксонов, описанные по не слишком выразительным гипорельефным дисковидным отпечаткам, переинтерпретированы как ископаемые микробные колонии. В итоге после ревизии список таксонов макрофоссилий ашинской серии включает в себя фрондоморфные организмы (*Aspidella terranovica*), нескольких разновидностей палеопаспихнид, арумбериоморфные структуры, простые горизонтальные следы ползания, а также *Bergaueria* и горизонтальные следы с двухлопастной поперечно-сегментированной базальной поверхностью (*Didymaulichnus* isp.). Кроме того, авторами названной работы были обнаружены слепки сжатых сегментированных трубок, составные слепки различных фрондоморфов, окаменелости с бородавчатой структурой поверхности, углефицированные сдавленные макрофоссилии и мелкие углефицированные фоссилии.

В грубозернистых песчаниках куккараукской свиты Южного Урала Н.Б. Кузнецовым и А.В. Шаццло (2011) описан фосфатный детрит, представляющий собой, по мнению названных авторов, обломки раковин брахиопод среднего кембрия. Такой вывод идет вразрез с традиционными представлениями о принадлежности всей ашинской серии к венду и, несомненно, нуждается в верификации дополнительных аргументами.

По данным авторов публикаций (Колесников и др., 2012; Беккер, 2013), в породах средней и верхней частей зиганской свиты присутствуют ихнофоссилии и отпечатки арумбериоморфных организмов.

А.А. Разумовский с соавторами (2015) описали “новое вендское ископаемое” *Kuckaraukia multituberculata* из басинской свиты, которое, по всей видимости, представляло собой двухслойный диск, состоящий из относительно менее стойкого, возможно, бесструктурного верхнего слоя и плотного структурированного нижнего, имеющего бугорчатую поверхность или сложенного из сближенных сферических элементов. По мнению авторов, *Kuckaraukia multituberculata* можно рассматривать и как унитарный организм, и как колонию бентосных неподвижных организмов.

### Микрофауна

За последние 20 лет появилась только одна (!) работа, посвященная исследованию микрофоссилий в отложениях венда западного склона Южного Урала. По данным А.Ф. Вейса с соавторами (2003), в толпаровской и суировской свитах присутствуют “своеобразные, существенно различающиеся по

обилию и таксономическому составу ассоциации микрофоссилий... При этом ассоциация толпаровских форм<sup>12</sup> обладает большим подобием с другими встреченными ниже по разрезу южноуральскими каратавскими микробиотами, а суировских<sup>13</sup> – с вендскими микробиотами Русской плиты<sup>14</sup>” (Вейс и др., 2003, с. 38).

### Литогеохимические исследования

Работы в этом направлении в основном проводились автором этих строк и его соавторами. Здесь можно отметить публикацию (Маслов, 2014), в которой показано, что песчаники ашинской серии сопоставимы со средним протерозойским кратонным песчаником только по средним содержаниям оксида кремния. Концентрации остальных оксидов в них как заметно выше, так и ниже. Определенные отличия валового химического состава от состава PAAS (PAAS – средний постархейский австралийский глинистый сланец (Taylor, McLennan, 1985)) характерны и для глинистых пород ашинской серии. Снизу вверх по разрезу серии средние составы псаммитов эволюционируют от сублитаренитов (толпаровская и суировская свиты) к аркозам и субаркозам (урюкская свита) и лититам (басинский уровень). На смену последним в куккараукское время приходят вновь сублитарениты, а затем – лититы (зиганская свита). Следовательно, в сводном разрезе ашинской серии намечаются два цикла изменения состава песчаников. Первый отвечает толпаровско-басинскому интервалу, второй – куккараукско-зиганскому. Кларки концентрации подавляющего большинства редких и рассеянных элементов в глинистых породах ашинской серии не превышают 2UCC (UCC – верхняя континентальная кора (Rudnick, Gao, 2003)). Особенности распределения нормированных по RPSC (RPSC – составная проба глинистых сланцев Русской платформы (Мигдисов и др., 1994)) спектров РЗЭ

<sup>12</sup> Акритархи *Leiosphaeridia* (в том числе *L. kulgunica* Jank.), *Valeria*, *Satka*, *Pterospermopsis* morpho, *Trahyhystrichosphaera parva* Mikh., *Spumosina*, коккоидные *Muxococcoides* и ?*Sphaerocongregus*, нитчатые чехлы *Eomycetopsis*, *Leiotrichoides* и *Polytrichoides*.

<sup>13</sup> *Leiosphaeridia*, *Spumosina*, объемные *Bavlinella* и *Retiforma*, коккоидные *Muxococcoides*, а также тонкие нитчатые чехлы *Pomoria* с характерным “ромбическим” рисунком на поверхности.

<sup>14</sup> Как подчеркнуто авторами, *Bavlinella*, *Retiforma* и *Pomoria* не известны в более древних, чем суировская свита, отложениях стратотипа рифея, поэтому “с микробиологических позиций наиболее приемлем вывод Н.С. Михайловой о включении толпаровских форм в последовательность верхнерифейских микрофоссилий региона и об исключении из этой последовательности суировской микробиоты, принадлежащей к венду ...” (Вейс и др., 2003, с. 41).

в глинистых сланцах и аргиллитах подтверждают представления о смене состава пород источников питания во время накопления осадочных образований ашинской серии, сделанные на основе анализа минералого-петрографических особенностей псаммитов и возрастов обломочных цирконов. В целом по минералого-петрографическим и литогеохимическим данным формирование осадочного выполнения южноуральского сегмента вендского Предуральского/Тиманского предгорного прогиба в определенной степени сходно с формированием аналогичных структур Альпийского складчатого пояса. В названной статье показано также, что климатические обстановки формирования осадочных образований ашинской серии определяются по валовому химическому составу глинистых пород не вполне однозначно. Неопределенными представляются полученные по данным о валовом химическом составе песчаников и глинистых пород выводы о палеогеодинамическом режиме формирования отложений ашинской серии.

В более поздней работе (Маслов и др., 2018) выполнено сопоставление литогеохимических характеристик глинистых пород верхнего венда востока, северо-востока и севера Восточно-Европейской платформы, позволившее установить отсутствие каких-либо принципиальных вариаций основных параметров осадконакопления (соотношение поступающего с палеоводосборов литогенного и петрогенного материала, состав пород на палеоводосборах, палеогеодинамические и палеоклиматические обстановки, окислительно-восстановительные обстановки в придонных слоях бассейнов осадконакопления, отсутствие признаков влияния подводных эксгаляций и др.) на всей указанной территории. Таким образом, наблюдаемые в позднем венде крупные этапы макроэволюционных и макроэкологических преобразований не были, по всей видимости, связаны с эволюцией процессов осадконакопления, а являлись внутрисистемными кризисными экологическими перестройками, демонстрирующими начало широкого распространения мягкотелых организмов, последующее исчезновение основных групп и постепенное угасание всего биоразнообразия к началу кембрия.

### Датирование обломочных цирконов

Массовое датирование обломочных цирконов венда Южного Урала на современной методической основе выполнено Н.Б. Кузнецовым с соавторами в начале 2010-х гг., но пионерами этого направления следует считать А. Вилльнера с соавторами (Willner et al., 2003; и др.). Основываясь на результатах совместных с немецкими специалистами минералого-петрографических исследований и первых определениях возраста обломочных цирконов, В.Н. Пучков (2010) отмечает, что цирконы из

пород венда Башкирского мегантиклинория представлены двумя группами. Цирконы первой группы, имеющие возраста 2058–1898, 1932, 1847, 1788 и 1483 млн лет, заимствованы при орогенических поднятиях из отложений рифея. Возраст цирконов второй группы варьирует от 643 до 512 млн лет. По мнению В.Н. Пучкова, “наличие этих цирконов, имеющих отчетливо магматическое происхождение, четко указывает на восточный источник сноса, поскольку на западе интрузии этого возраста, совпадающего со временем образования орогена, отсутствуют, и не было предпосылок для их образования” (2010, с. 33).

Минимальный возраст обломочных цирконов, выделенных из песчаников басинской свиты, составляет  $755 \pm 25$  млн лет (Кузнецов и др., 2012а). Пики (три зерна и более) на кривой плотности вероятности имеют в исследованной совокупности возраст 2000, 1907,  $\approx 1500$ , 1213 и 1027 млн лет (Кузнецов и др., 2012б). Минимальный возраст таких же цирконов из песчаников куккараукской свиты равен  $617 \pm 10$  млн лет (Кузнецов и др., 2012а). Возраст пиков на кривой плотности вероятности для данной совокупности составляет 2825, 2695, 1987, 1465, 1195 млн лет (Кузнецов и др., 2012а).

Позднее Н.Б. Кузнецов с соавторами (2019, 2022) опубликовали результаты изучения возраста обломочных цирконов из “песчаников верхневендской бакеевской свиты”<sup>15</sup>. Минимальный возраст цирконов этой популяции равен  $889 \pm 21$  млн лет. На кривой плотности вероятности наблюдаются хорошо выраженные пики с возрастными 1172 и 1418 млн лет и несколько менее представительные пики (в работе 2022 г. пики имеют возраст 2868, 2052, 1803, 1574, 1419, 1219, 1037 и 942 млн лет). Таким образом, и во время формирования песчаников бакеевской свиты, и позднее – в басинское и куккараукское время – в область осадконакопления поступал обломочный материал, содержащий мезопротерозойские и раннепротерозойские цирконы. Как и в более ранних публикациях, Н.Б. Кузнецов считает, что, так как кристаллические комплексы с такими возрастными “известны в настоящее время только в северо-западной части ВЕП... отстоящей от (Башкирского Поднятия) более чем на 2000 км, рассматривать их в качестве доминирующего/основного источника кластики для песчаников ашинской серии нет оснований. Это позволило высказать предположение о появлении в

<sup>15</sup> Авторами работы 2019 г. указано, что изученный ими “разрез бакеевской свиты расположен на правом берегу р. Зилим, сразу ниже сел. Толпарово”. Однако это ошибка. Непосредственно ниже д. Толпарово на правом берегу р. Зилим вскрывается разрез толпаровской свиты (Маслов и др., 2001; Горожанин и др., 2015). Последняя имеет, как считает большинство специалистов, ранневендский возраст.

конце венда нового – “небалтийского” – источника кластики, располагавшегося в современных координатах восточнее Башкирского Поднятия” (Кузнецов и др., 2019, с. 308). В работе 2022 г. указано, что “сравнение характера распределения возрастов [обломочного циркона] из толщ типового разреза рифея, представленного в [Башкирском поднятии] и ашинской серии, указывает на существенную палеогеографическую перестройку, произошедшую в пределах рассматриваемого региона на этапе, непосредственно предшествовавшем накоплению ашинской серии, содержащей остатки сложно устроенных живых систем эдиакарского типа”<sup>16</sup> (Кузнецов и др., 2022, с. 247). Мы не можем подтвердить или опровергнуть данное утверждение, но приведем один пример. По данным (Paszowski et al., 2021), в породах нагорянской свиты венда Подольского Приднестровья возраст обломочных цирконов отвечает интервалу  $\approx 1.80\text{--}1.49$  млрд лет. Предполагается, что они поступали из Фенноскандии. Расстояние от долины р. Днестр до северо-западных районов Восточно-Европейской платформы также составляет порядка 2000 км или несколько более.

Критический разбор представлений об источниках обломочных цирконов в отложениях верхнего докембрия Южного Урала можно найти в работах (Краснобаев и др., 2019а, б). Авторы указывают, что “новые интерпретации” в основном ограничиваются “формальным сопоставлением вещественно-возрастных характеристик обломочных кристаллов с любыми весьма удаленными модельными объектами” (Краснобаев и др., 2019а, с. 413). Роль местных источников, по мнению А.А. Краснобаева с соавторами, при таком подходе в существенной степени недоучитывается. Они считают, что распределение U-Pb-изотопных возрастов и содержания U и Th в первичных цирконах из вулканитов рифея и пород Тараташского комплекса (Южный Урал) и обломочных цирконах, выделенных из песчаников ашинской серии венда и айской свиты нижнего рифея, позволяет сделать вывод, что “возрастные вариации цирконов – и источников, и кластики – во многом сопоставимы. Отсюда следует, что возрастные характеристики первичных цирконов из вулканитов рифея и архейских пород Тараташского комплекса как источников обломочных цирконов для вендских и рифейских песчаников на Южном Урале регулируются процессами переотложения, хотя влияние удаленных источников не исключается” (Краснобаев и др., 2019а, с. 413). Также, по мне-

нию авторов, “основным источником обломочных цирконов в рифейских и вендских песчаниках на Южном Урале служат местные (рифейские и тараташские) комплексы пород. Появление цирконо-вой кластики в песчаниках этих толщ определяется процессами переотложения на месте их образования”<sup>17</sup>. Можно констатировать, что для этого не требуется привлечения более удаленных и экзотических источников” (Краснобаев и др., 2019б, с. 23).

Как итог сказанного необходимо отметить, что сейчас известно около 10 определений U-Pb-изотопного возраста обломочных цирконов из песчаников различных свит рифея и венда (для венда – 3 определения) Южного Урала (т. е. примерно для 1250 млн лет геологической истории всего 10 определений). Ни для одного литостратиграфического уровня рифея или венда нет “развертки” таких данных по латерали. Между тем сделать такие работы крайне важно (Маслов, 2021). Поясним это одним примером. Для форландового (как вендский Предуральский/Предтима́нский) бассейна Белт в Скалистых горах Северной Америки показано, что его осадочное выполнение плохо перемешано и гетерогенно по отношению к возрастным популяциям обломочных цирконов. Тогда как осадочные последовательности прослеживаются на значительные расстояния внутри бассейна, популяции обломочных цирконов в пространстве меняются быстро (быстрее, чем в современных крупных реках). Это предполагает постоянное добавление материала из проксимальных источников (Parker, Winston, 2017).

### Датирование вулканических туфов/пеплов

Не будет преувеличением считать, что большинство использованных при подготовке раздела по эдиакарскому периоду в монографии “Geologic Time Scale 2020” радиоизотопных датировок (Xiao, Narbonne, 2020, table 18.1) получены по цирконам из вулканических туфов/пеплов. На западном склоне Южного Урала прослой вулканических туфов/пеплов среди осадочных последовательностей венда были обнаружены в 2008 г. Д.В. Гражданкиным в окрестностях г. Усть-Катав. U-Pb-изотопный возраст цирконов из одного такого прослоя составляет  $548 \pm 8$  млн лет (Гражданкин и др., 2011). В публикации (Levashova et al.,

<sup>16</sup> Считая так, авторы упускают из виду многократно подтвержденный ранее факт принципиального отличия по составу обломочных компонентов песчаников толпаровской и урюкской свит (низы ашинской серии) от песчаников басинской и зиганской свит (верхи ашинской серии).

<sup>17</sup> Здесь невозможно удержаться только от одной ремарки – никаких геологических признаков размыва пород Тараташского комплекса при формировании отложений, например, машакской или зильмердакской свит нет. В такой ситуации мы вынуждены довольствоваться аргументами из категории “слово против слова”. Поэтому нужны дополнительные, в определенной степени независимые факты, которые могли бы направить обсуждение данной проблемы в более конструктивное русло.

2013) погрешности несколько меньше:  $\pm 4$  млн лет. Стратиграфическая принадлежность этого прослая туфов трактуется авторами названных работ, однако, по-разному. Если Д.В. Гражданкин считает их залегающими в нижней части басинской свиты<sup>18</sup>, то Н.М. Левашова и ее соавторы относят их к низам зиганской свиты.

Цирконы из вулканических туфов/пеплов, присутствующих в разрезе басинской свиты по новой дороге Петровское–Кулгунино (этот отрезок дороги обходит с юга водопад Куккараук), имеют, по данным (Разумовский и др., 2020), возраст  $573 \pm 2$  млн лет (U-Th-Pb метод, SHRIMP II). В указанном разрезе, вскрывающем отложения басинской, куккараукской и зиганской свит, известно несколько горизонтов вулканических туфов, но датировать все из них оказалось методически трудным. Полученная авторами датировка дает основание предполагать, что отнесение всей урюкско-зиганской последовательности только к котлинскому регио-ярусу (Гражданкин, Маслов, 2015) может быть пересмотрено.

### Датирование других объектов

Первое Rb-Sr определение возраста ( $617 \pm 12$  млн лет) глауконита, присутствующего в песчаниках бакеевской свиты, приведено в статье (Козлов, Горожанин, 1993). По данным (Зайцева и др., 2011), изохронные Rb-Sr возрасты конечных членов мелкозернистой фракции аргиллитов толпаровской свиты составляют  $593 \pm 15$  млн лет (субфракция 0.3–0.6 мкм) и  $481 \pm 9$  млн лет (субфракция  $< 0.1$  мкм). Первое значение соответствует, по представлениям авторов, возрасту аутигенного иллита первой генерации и, по-видимому, отражает время диагенеза осадков, второе – отвечает возрасту аутигенного иллита второй генерации, сформированного в постдиагенетическую стадию. Датировка  $593 \pm 15$  млн лет находится в интервале  $584 \pm 9 \dots 522 \pm 9$  млн лет, характеризующем катагенез погружения глинистых осадков бакеевской свиты (Зайцева и др., 2012).

Через 20 лет после работы В.И. Козлова и В.М. Горожанина опубликована Rb-Sr изохронная датировка ( $638 \pm 13$  млн лет, время раннего диагенеза вмещающих осадков) глауконита из той же свиты (Zaitseva et al., 2013). Авторами работы (Кузнецов и др., 2014) эта датировка условно рассматривалась как определяющая возраст нижней гра-

ницы венда<sup>19</sup>. Позднее было показано, что Rb-Sr возраст глауконитов бакеевской свиты равен  $642 \pm 9$  млн лет (Зайцева и др., 2019). Основываясь на минералого-геохимических характеристиках глауконита и теоретических расчетах, авторы полагают, что “стратиграфическая значимость этого возраста представляется достаточно обоснованной. Первичное отношение  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в среде глауконитизации равно  $0.7080 \pm 0.0009$  и в пределах погрешности согласуется с этим отношением в морской воде венда. Таким образом, нижняя граница венда на Южном Урале имеет возраст около 640 млн лет” (Зайцева и др., 2019, с. 82).

Термохронологические исследования калиевых полевых шпатов, присутствующих в песчаниках и конгломератах венда Южного Урала, позволили в конце 1990-х гг. определить возраст микроклина из галек гранитов, находящихся в конгломератах куккараукской свиты ( $550\text{--}530$  млн лет, Ar-Ar метод), и ортоклаза из песчаников зиганской свиты ( $630\text{--}590$  млн лет, Ar-Ar метод) (Glasmacher et al., 1999).

В 2000 г. из пород урюкской свиты (разрез в 4.5–5.0 км восточнее д. Бакеево) нами отобраны слабоокатанные гальки, представляющие фрагменты альбитизированных микроклиновых жил (члены некоего граносиенитового – монцогаббро-сиенит-гранитного комплекса) (Маслов и др., 2008). А.И. Степановым в ИГТ УрО РАН классическим (с трассером  $\text{Ar}^{38}$ ) K-Ar методом был определен возраст микроклина из указанных галек как  $1094 \pm 21$  млн лет. Полученные данные позволяют считать, что в областях сноса в урюкское время присутствовали позднемезопротерозойские комплексы граносиенитов. Эти данные близки Ar-Ag возрасту галек калиевого полевого шпата из конгломератов бирьянской подсвиты зильмердакской свиты (Glasmacher et al., 1999), но способность калиевых полевых шпатов спонтанно терять радиогенный Ag не исключает и более раннего времени их образования.

В публикациях (Краснобаев и др., 2019в; Сергеева и др., 2019) приведена датировка циркона ( $714 \pm 6$  млн лет, U-Pb метод, SHRIMP) из галек плагиогранитов, риолитовых порфиров, гранит-порфиров и крупнокристаллических гранитов, отобранных из конгломератов куккараукской свиты в окрестностях д. Габдюково. По мнению авторов, эта датировка “свидетельствует о том, что в вендское время в области сноса происходил размыв магматических (гранитоидных) пород, близких по возрасту к гранитам Мазаринского массива –  $710\text{--}740$  млн лет... и Барангуловского габбро-гранитного комплекса –  $725 \pm 5$  млн лет..., расположенных в северной части зоны Уралтау на Южном Урале... Тем самым намечаются как область

<sup>18</sup> Напомним, что конгломераты куккараукской свиты, разделяющие в большинстве других районов Башкирского мегантиклинория басинскую и зиганскую свиты, здесь либо не обнажены, либо, как предполагали классики уральской геологии М.И. Гарань и А.П. Тяжева, отсутствуют (Путеводитель..., 1995).

<sup>19</sup> Такой подход представляется несколько странным, поскольку возраст нижней границы венда следует устанавливать в его стратотипической местности.

осадконакопления, так и область размыва. Последняя принадлежала восточному (в современных координатах) краю обнаженной части орогена тиманид” (Сергеева и др., 2019, с. 29).

### **Палеомагнитные исследования**

Итоги масштабных исследований палеомагнетизма верхнего докембрия Южного Урала подведены в начале 1980-х гг. в одном из разделов (авторы – Н.Ф. Данукалов, Р.А. Комиссарова и П.Н. Михайлов) двухтомной монографии “Стратотип рифея”. Однако, несмотря на кажущуюся стройность представлений авторов, во введении к монографии (Стратотип..., 1982) А.Н. Храмов написал так: “Раздел... посвященный палеомагнитной характеристике разрезов рифея и венда Южного Урала, представляет особый интерес. Предложенная авторами магнитостратиграфическая шкала венда и рифея Южного Урала является первой и пока единственной схемой и вполне может рассматриваться как рабочая схема местной стратиграфии исследованных толщ. Ее возможное региональное, межрегиональное или планетарное значение во многом будет определяться дальнейшими успехами развития проблемы метакронной намагниченности допалеозойских образований Урала. ...одним из важнейших результатов работы является вывод о стабильном положении палеомагнитных полюсов в течение позднего докембрия... Между тем палеомагнитные данные по различным областям развития докембрия ... свидетельствуют о сложных и больших перемещениях полюсов. Такой контраст можно объяснить одним из трех предположений: 1) авторская трактовка возраста намагниченности верна. Следовательно, все кратоны быстро двигались относительно полюса и один относительно другого в течение позднего докембрия, но Урал все это время стоял на месте; 2) время образования всех древних немых толщ Урала охватывает небольшой интервал... около 100 млн лет... 3) ...выделенная намагниченность не синхронная, а метакронная и может быть отчасти вендской, отчасти палеозойской. <...> Первое предположение с точки зрения геотектоники почти невероятно... второе возвращает нас к тем временам, когда древние немые толщ Урала считали палеозойскими и неоднократно повторяющимися в разрезе... третье предположение означает, что составленная магнитостратиграфическая схема может иметь, по крайней мере в своей рифейской части, лишь местное значение и своим строением отражает не столько историю геоманитного поля в рифее и венде, сколько зональность проявления наложенных процессов перемангничивания пород. Последнее предположение на данном этапе исследований кажется наиболее вероятным” (Стратотип..., 1982, с. 5). Такая же оценка палеомагнитных исследований верхнего докем-

брия Южного Урала почти дословно повторена и в капитальном труде “Палеомагнитология” (Храмов и др., 1982).

Современный этап палеомагнитных исследований “древних толщ” Урала начинается в самом конце первого десятилетия XX в., когда в материалах VIII межрегиональной геологической конференции (г. Уфа, 2010 г.) появляется заметка “Перспективы изучения вендских комплексов Южного Урала палеомагнитным методом” (Голованова и др., 2010), авторы которой справедливо отмечают, что пригодных для суждений о перемещениях Восточно-Европейской платформы в венде по палеомагнитным данным и неизученных объектов на самой платформе не осталось. В связи со сказанным необходимо изучать деформированные в ходе позднепалеозойской орогении разрезы верхнерифейских и вендских отложений Башкирского мегантиклинория, но, как подчеркивают авторы, несмотря на современную методику, им не удалось пока ни доказать, ни опровергнуть на пилотных коллекциях гипотезу о, например, полном перемангничивании басинских отложений в палеозое (Стратотип..., 1982).

Годом позже авторы уже обсуждают результаты повторного исследования палеомагнетизма басинской свиты на основе коллекции из более 300 образцов (Голованова и др., 2011). Ступенчатое размагничивание (до 700°C) позволило им выделить стабильную высокотемпературную компоненту (ВТК) намагниченности (обе полярности) в 25 сайтах. Стандартные палеомагнитные тесты дали основание считать ее первичной, но рассчитанный по ней палеомагнитный полюс находится вблизи позднеордовикско-раннесилурийского отрезка кривой миграции палеомагнитного полюса Балтики. Сказанное привело авторов к выводу, принципиально не отличающемуся от выводов 1970–1980-х гг. (Комиссарова, 1970; Стратотип..., 1982): породы басинской свиты, по-видимому, испытали перемангничивание в палеозое.

В работе (Голованова и др., 2014), основанной на результатах исследования около 1000 образцов, отобранных из серии разрезов от г. Усть-Катав на севере до с. Максютново на юге, указано, что пилотные образцы пород бакеевской свиты не дали интерпретируемых данных. Это же характерно для песчаников нижней части урюкской свиты, тогда как в песчаниках верхней части выделяется только компонента, совпадающая по направлению с направлением позднепалеозойского перемангничивания. Примерно в половине из более 500 образцов пород басинской свиты четко выделяется биполярная ВТК, хорошо сгруппированная внутри большинства сайтов. Несмотря на то что ряд палеомагнитных тестов указывает на ее первичность, численный по ней полюс примерно соответствует позднеордовикско-раннесилурийскому отрезку



кривой миграции палеомагнитного полюса Балтики. Это, по мнению авторов, может указывать на перемагничивание пород басинской свиты в палеозое. Для песчаников нижней части куккараукской свиты, как и для нескольких десятков галек из конгломератов ее верхней части, согласованные данные также не получены. В серых и зеленовато-серых песчаниках зиганской свиты в ходе ступенчатого терморазмагничивания не удалось получить ни одной статистически значимой ВТК. В серовато-бурых и бурых песчаниках, напротив, такая ВТК выделяется. Вычисленный средний палеомагнитный полюс по зиганской свите неплохо согласуется с полюсом, установленным по разрезам верхнего венда Беломорья. Среднее направление ВТК соответствует палеошироте  $7.8 \pm 2.5^\circ$  ( $10 \pm 3^\circ$ ) северного или южного полушария, т. е. в конце венда/эдиакария Восточно-Европейская платформа находилась в приэкваториальных широтах (Levashova et al., 2013; Федорова и др., 2013). Кроме того, в породах зиганской свиты выявлена высокая частота инверсий (смена полярности – 20–25 раз за миллион лет) магнитного поля Земли. Аналогичный феномен характерен только для близкоодновозрастных отложений Зимнего берега Белого моря и лопатинской свиты Енисейского кряжа.

М.Л. Баженов с соавторами (Bazhenov et al., 2016) подробно проанализировали этот феномен, изучили ряд возможных причин указанного явления, но не пришли к конкретным выводам, считая, что необходимы дополнительные исследования. В другой работе, датированной тем же годом, Дж. Меерт с соавторами (Meert et al., 2016) предположили, что геодинамические события конца эдиакария–начала кембрия могли быть причиной или одной из причин “кембрийского взрыва”. Названные авторы считают, что можно связать не только котлинский кризис конца венда–терминального эдиакария, но и кембрийскую революцию субстратов, а также появление и диверсификацию биоминерализации с усилением воздействия ультрафиолетового излучения на мелководные/фотические зоны морских бассейнов вследствие ослабления магнитного поля Земли.

Для пород урюкской свиты направление ВТК совпадает в пределах ошибок с аналогичным направлением для басинской свиты (Данукалов и др., 2017). Это может свидетельствовать о первичности полученной компоненты. Вместе с тем “существенное отличие этих палеомагнитных направлений от... результатов палеомагнитного изучения... зиганской свиты... оставляет нерешенным вопрос о тектонической или геомагнитной причине такого несоответствия” (Данукалов и др., 2017, с. 134).

Доизучение (отбор образцов через 0.2 м) фрагмента разреза зиганской свиты на новом отрезке дороги Петровское–Кулгунино подтвердило “справедливость полученного ранее палеополюса и во-

прос о первичности намагниченности и о палеопозиции (Восточно-Европейского) кратона на данном этапе исследований можно считать решенным” (Голованова и др., 2020, с. 34). В красноватых породах зиганской свиты мощностью 74 м подтверждено присутствие около 32 смен магнитной полярности. Циклостратиграфический анализ данных позволил авторам считать, что в указанном разрезе наблюдаются циклические вариации этого параметра с различными периодами; предполагается, что их можно сопоставить с циклами Миланковича. Рассчитанная длительность накопления опробованной последовательности составляет  $\approx 1.6$  млн лет. Таким образом, средняя частота инверсий равна 19–20 млн лет. Это в 2–3 раза больше, чем максимальная известная ранее в фанерозое частота инверсий (Bazhenov et al., 2016; Данукалов и др., 2019; Голованова и др., 2020, 2021). На отдельных участках разреза данный параметр может увеличиваться до 46 инверсий и более за 1 млн лет. В работе (Левашова и др., 2021) эти оценки были скорректированы до 12–13 инверсий на 1 млн лет. Однако и такая частота инверсий может рассматриваться, по мнению авторов, как аномально высокая; соответственно, и ранее сделанный вывод о том, что конец венда/эдиакария был периодом аномально высокой частоты инверсий магнитного поля Земли, не претерпел существенного изменения.

#### Исследования химического состава минералов тяжелой фракции

Для венда Южного Урала исследования в этом направлении были выполнены на рубеже XX и XXI вв. и продолжения, на удивление, не получили. Так, в работах (Willner et al., 2001, 2004) рассмотрен химический состав белых слюд, турмалина, эпидота, хлорита и биотита. Показано, что химический состав обломочных турмалинов венда предполагает поступление их в осадки из слабо-метаморфизованных метапсаммопелитов с низким содержанием Al (такого рода образования не могут быть метаморфизованными эквивалентами рифейских отложений). Роль гранитоидов в источниках сноса в это время была невелика. Состав эпидотов в породах рифея и венда сопоставим; их источниками выступали метабазиты, в той или иной степени измененные процессами метаморфизма. Обломочные хлориты принадлежат четырем разным группам, что хорошо видно по соотношению в них Mn, Ti и K. Обломочные биотиты в породах рифея и венда также существенно различаются по химическому составу. Авторами сделан вывод, что обломочные компоненты для осадочных толщ нижнего венда поступали с запада (эрозия цоколя Восточно-Европейского кратона). Их высокая структурная и химическая зрелость указывает на многократную переработку. В урюкское время источник детри-

та резко изменился на “рециклированный орогенный”. Низкая структурная и химическая зрелость песчаников верхнего венда указывает на короткие пути миграции слагающей их кластики, заимствованной из новой, недалеко расположенной области сноса. Определение Ar-Ar возраста белых слюдов из отложений венда Южного Урала позволило установить, что они принадлежат двум возрастным группам (Glasmacher et al., 1999). Слюды первой группы (возраст 609–571 млн лет) – это фенгиты. Считается, что они прямо указывают на размыв высокобарических метаморфических комплексов так называемого Белорецкого купола (фрагмента растущего кадомского орогена) или подобных ему по составу образований. Возраст слюд второй группы (только мусковит) 732–645 млн лет. Источником их являлись, вероятно, доорогенные рифейские толщи.

### ВЫВОДЫ

Подводя итог, можно сделать вывод, что научного обобщения и интерпретации полученных ранее геологических, геохимических и других материалов с учетом последних достижений геологической науки, как этого требует (Методическое руководство..., 2009), у авторов Объяснительной записки к листу Госгеолкарты-1000/3 N-40 – Уфа в отношении венда не получилось. Шанс у них, несомненно, был, но, видимо, в силу того что в авторском коллективе не оказалось ни одного специалиста по геологии западного склона Южного Урала, этого не было сделано ни для венда, ни для рифея. Это несмотря на то, что “древние толщи” Западной Башкирии являются стратотипической местностью для одного из крупнейших подразделений Общей стратиграфической шкалы России – рифея (Стратотип..., 1983).

Исследования особенностей архитектуры разрезов венда западного склона Южного Урала, по всей видимости, почти достигли совершенства в том, что касается последовательности литостратиграфических единиц. Однако нет ясности в понимании соотношения бакеевской, толпаровской и суировской свит и способе решения этого вопроса. Соотношение свит венда Южного Урала с региональными ярусами венда Восточно-Европейской платформы до сих пор трактуется разными авторами по-разному. Возможно, пролить свет на эту проблему поможет синтез данных по макрофауне, составу и возрасту обломочных цирконов, химическому составу минералов тяжелой фракции и составу ассоциаций микрофоссилий.

Общие особенности формирования осадочных последовательностей венда Башкирского мегантиклинория в целом также ясны. Диссонанс (или изюминку) в устоявшиеся к концу XX в. представления внесли исследования U-Pb-изотопного возраста обломочных цирконов. Однако считать, что они

позволили построить полностью непротиворечивую модель, нельзя. Более того, появление указанных данных заставляет и далее работать в этом направлении, так как из семи свит ашинской серии датировки обломочных цирконов имеются только для трех, а рассмотрение таких данных по латерали и вкрест простираения осадочных толщ и вовсе отсутствует.

Исследования вендской макрофауны на западном склоне Южного Урала можно считать находящимися только в самом начале пути. Общее впечатление о таксономическом составе биоты получено. Оно соответствует современному мировому уровню, но полноценное описание и сравнение отдельных представителей биоты в литературе пока отсутствует. Нет и понимания того, как сопоставить “котлинский облик макрофауны” (урюкско)-басинско-зиганской последовательности с более древней датировкой цирконов из вулканических туфов в басинской свите. Важно также продолжить подобные исследования на ключевых участках, там, где есть, возможно, шанс определить положение границы докембрия и кембрия – в верховьях руч. Караньюрт (к востоку от д. Аскино Архангельского района Республики Башкортостан) и на хр. Мал. Ямантау (бассейн широтного течения р. Белая)<sup>20</sup>.

Очевидно, что кочующая из работы в работу (наиболее ярко это видно при знакомстве с Объяснительной запиской к листу Госгеолкарты-1000/3 N-40 (Князев и др., 2013)) – Уфа информация о присутствующих в породах венда микрофоссилиях давно нуждается в ревизии. По мнению специалистов, указываемые для бакеевской свиты микрофоссилии являются либо транзитными, либо невалидными таксонами; достоверных вендских таксонов в породах этой свиты, по-видимому, нет. Микрофоссилии *Bavlinella faveolata* Schepeleva, характерные, по данным авторов Объяснительной записки, для пород басинской и зиганской свит, известны из отложений венда Восточно-Европейской платформы, а таксон *Omalophyma gracilis* Golub невалиден. Представления А.Ф. Вейса с соавторами (2003) о том, что ассоциация микрофоссилий толпаровской свиты в достаточной степени подобна микробиотам каратауской серии Южного Урала, а ассоциация микрофоссилий суировской свиты ближе к вендским микробиотам Русской плиты, по всей видимости, также в той или иной степени прошли мимо внимания большинства специалистов.

Полученные к настоящему времени литогеохимические данные для осадочных последователь-

<sup>20</sup> Малоямантауская свита, залегающая выше зиганской на крайнем юге Башкирского мегантиклинория в хр. Мал. Ямантау, рассматривалась Ю.Р. Беккером (2010, 2013) как кембрийский стратон.

ностей венда Южного Урала (в основном по глинистым породам) пока не требуют каких-либо дополнительных работ, но это точка зрения того, кто их в основном и проводил. Может быть, только детальный анализ Sm-Nd систематики глинистых пород и песчаников позволит получить более стройную картину воздымания южной части Тиманского орогена или каких-либо иных источников кластики для ашинской серии.

Датирование обломочных цирконов из песчаников ашинской серии должно быть, несомненно, продолжено. Три совокупности данных о U-Pb изотопных возрастах обломочных цирконов для семи свит, полученные за 10 лет, уже непредставительны. Ранее в тексте мы неслучайно привели пример подобного рода работ для, по всей видимости, форландового (т. е. сходного по механизму и особенностям формирования с вендским Предуральским/Предтиманским бассейном) бассейна Белт в Скалистых горах (США, Канада). Для него несколько лет назад показано, что осадочное выполнение весьма гетерогенно в том, что касается возрастных популяций обломочных цирконов. Как обстоит дело с этим у нас – пока сказать трудно, поскольку нет соответствующей фактуры.

Для венда западного склона Южного Урала сделаны первые шаги в отношении датирования цирконов из вулканических туфов/пеплов. С 2008 г. получены две (!) такие датировки, тогда как прословев вулканических пеплов и в окрестностях г. Усть-Катав, где они были впервые обнаружены, и по новой дороге из Петровского в Кулгунино известно по крайней мере в 3–4 раза больше. Следовательно, нужно продолжать работы и в данном направлении.

Широкое поле деятельности существует и для датирования галек магматических пород в конгломератах урюкской, куккараукской и зиганской свит.

Современный этап палеомагнитных исследований осадочных толщ венда, проводимый специалистами ИГ УНЦ УФИЦ РАН и ГИН РАН вместе с американскими коллегами, насчитывает уже более 10 лет. Для ряда стратиграфических уровней (главным образом для зиганской свиты) получены интересные результаты, позволившие более или менее обоснованно установить положение Восточно-Европейского кратона в самом конце венда/эдиакария в приэкваториальных широтах, а также выявить для названного отрезка времени высокую частоту инверсий магнитного поля. Это провоцирует появление ряда интересных гипотез, одна из которых связывает “кембрийский взрыв”, котлинский кризис, кембрийскую “революцию субстратов” и возникновение биоминерализации с возрастанием влияния ультрафиолетового излучения Солнца на мелководные зоны морских бассейнов во время ослабления магнитного поля Земли. Есть ощу-

щение, что пик палеомагнитных исследований осадочных толщ венда западного склона Южного Урала в определенной мере пройден, тем не менее их необходимо продолжать.

Наконец, на рубеже XX и XXI вв. опубликованы первые результаты исследования химического состава ряда минералов тяжелой фракции, позволившие получить принципиально новую информацию о составе и эволюции комплексов пород-источников кластики для осадочных последовательностей ашинской серии. Это было многообещающее начало, но, так как подобные работы требовали хорошего аналитического оборудования, они с уходом немецких специалистов на другие проекты быстро прекратились. Возможность такого рода исследований (обзор и анализ см.: Бадида и др., 2020а, б) недавно появилась вновь, и ею обязательно нужно воспользоваться.

### Благодарности

Автор искренне признателен за помощь, полученную при подготовке этой работы со стороны Н.Г. Воробьевой, Е.Ю. Голубковой, О.Ю. Мельничука, В.Н. Подковырова и Е.Г. Раевской. Иллюстрации к статье выполнены Н.С. Глушковой.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев А.А., Алексеева Г.В. (1999) Фенгитовые мусковиты и фенгиты в кристаллических сланцах Белорецкого метаморфического комплекса. *Ежегодник-1997*. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 178–184.
- Бадида Л.В., Маслов А.В., Мизенс Г.А. (2020а) Реконструкция состава пород питающих провинций. Ст. 3. Современные методы исследования тяжелых обломочных минералов (гранатов, турмалинов, хромшпинелидов, рутила и др.). *Литосфера*, 20(2), 149–167. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2020-20-2-149-167>
- Бадида Л.В., Маслов А.В., Мизенс Г.А. (2020б) Реконструкция состава пород питающих провинций. Ст. 4. Современные методы исследования тяжелых обломочных минералов (цирконов, апатитов). *Литосфера*, 20(3), 363–385. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2020-20-3-363-385>
- Беккер Ю.Р. (1996) Открытие эдиакарской биоты в кровле венда Южного Урала. *Регион. геология и металлогения*, (5), 111–131.
- Беккер Ю.Р. (2010) Геологический потенциал древних ихнофоссилий в стратотипе позднего докембрия Южного Урала. *Регион. геология и металлогения*, (43), 18–35.
- Беккер Ю.Р. (2013) Ихнофоссилии – новый палеонтологический объект в стратотипе позднего докембрия Урала. *Литосфера*, (1), 52–80.
- Беккер Ю.Р., Кишка Н.В. (1989) Открытие эдиакарской биоты на Южном Урале. *Теоретические и прикладные аспекты современной палеонтологии*. ВПО XXXIII сессия. Л.: Наука, 109–120.
- Беккер Ю.Р., Кишка Н.В. (1991) Ископаемые следы в верхневендских отложениях Южного Урала. *Изв. АН СССР. Сер. геол.*, (6), 66–78.

- Вейс А.Ф., Козлов В.И., Сергеева Н.Д., Воробьева Н.Г. (2003) Микрофоссилии типового разреза верхнего рифея (каратавская серия Южного Урала). *Стратиграфия. Геол. корреляция*, 11(6), 20-45.
- Гаррис М.А. (1964) Геохронологическая шкала Урала и основные этапы его развития в докембрии и палеозое (по данным калий-аргонового метода). *Абсолютный возраст геологических формаций*. Междунар. геол. конгресс, 22-я сессия. Докл. сов. геологов. Пробл. 3. М.: Наука, 128-156.
- Геологический словарь (2010–2012). В 3 т. Изд. 3-е, перераб. и доп. Гл. ред. О.В. Петров. СПб.: ВСЕГЕИ. Т. 1. А–Й, 432 с.; Т. 2. К–П, 480 с.; Т. 3. Р–Я, 440 с.
- Голованова И.В., Данукалов К.Н., Баженов М.Л., Левашова Н.М., Кадыров А.Ф., Хидиятов М.М., Сальманова Р.Ю. (2014) Палеомагнетизм вендских отложений Южного Урала. *Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий*. Мат-лы и докл. 10-й межрегион. науч.-практ. конф. Уфа: Дизайн-Пресс, 14-16.
- Голованова И.В., Данукалов К.Н., Козлов В.И., Пучков В.Н., Павлов В.Э., Галле И., Левашова Н.М., Сирота Г.С., Хайруллин Р.Р., Баженов М.Л. (2011) Палеомагнетизм верхневендской басинской свиты Башкирского мегаантиклинория: результаты повторного исследования. *Физика Земли*, (7), 67-79.
- Голованова И.В., Данукалов К.Н., Левашова Н.М., Баженов М.Л. (2010) Перспективы изучения вендских комплексов Южного Урала палеомагнитным методом. *Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий*. Мат-лы VIII межрегион. геол. конф. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 109-111.
- Голованова И.В., Данукалов К.Н., Сальманова Р.Ю., Парфирьев Н.П., Левашова Н.М. (2021) Верхневендский период гиперактивности магнитного поля: новые палеомагнитные данные по зиганской свите на Южном Урале. *Геол. вестн.*, (1), 46-54. <https://doi.org/10.31084/2619-0087/2021-1-5>
- Голованова И.В., Данукалов К.Н., Сальманова Р.Ю., Парфирьев Н.П., Левашова Н.М. (2020) Новые результаты палеомагнитных исследований верхневендской зиганской свиты на Южном Урале. *Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий*. Вып. 13. Мат-лы и докл. XIII межрегион. науч.-практ. конф. Уфа: Мир печати, 31-37.
- Горожанин В.М., Мичурин С.В., Канипова З.А., Биктимерова З.Р. (2015) Литологические особенности диамиктитов на границе рифея и венда в разрезе Толпарово (Южный Урал). *Геол. сборник № 12*. СПб.: Свое изд-во, 23-34.
- Гражданкин Д.В., Марусин В.В., Меерт Дж., Крупнин М.Т., Маслов А.В. (2011) Котлинский горизонт на Южном Урале. *Докл. АН*, 440(2), 201-206.
- Гражданкин Д.В., Маслов А.В. (2015) Место венда в международной стратиграфической шкале. *Геология и геофизика*, 56(4), 703-717.
- Данукалов К.Н., Голованова И.В., Баженов М.Л., Сальманова Р.Ю. (2017) Палеомагнитное изучение красноцветных песчаников урюкской свиты верхнего венда. *Геол. сборник № 14*. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 130-135.
- Данукалов К.Н., Парфирьев Н.П., Голованова И.В., Сергеева Н.Д., Сальманова Р.Ю. (2019) Красноцветные песчаники зиганской свиты верхнего венда – уникальный объект палеомагнитного изучения истории Земли. *Геол. вестн.*, (3), 93-102. <https://doi.org/10.31084/2619-0087/2019-3-7>
- Жданов А.В. (2009) Легенда Уральской серии листов Госгеолкарты-1000/3 (актуализированная версия). СПб.: ВСЕГЕИ, 380 с.
- Зайцева Т.С., Горохов И.М., Кузнецов А.Б., Константинова Г.В., Турченко Т.Л., Мельников Н.Н. (2012) Rb-Sr изотопная систематика глинистых минералов из осадочных пород венда Южного Урала. *Ленинградская школа литологии*. СПб.: СПбГУ, 57-59.
- Зайцева Т.С., Горохов И.М., Турченко Т.Л., Мельников Н.Н., Константинова Г.В. (2011) Изотопная систематика разноразмерного глинистого материала: аргиллиты толпаровской свиты венда Южного Урала. *Глины, глинистые минералы и слоистые материалы*. Мат-лы I Росс. рабочего совещ., посвящ. 90-летию со дня рождения Б.Б. Звягина. М.: ИГЕМ РАН, 54.
- Зайцева Т.С., Кузнецов А.Б., Горожанин В.М., Горохов И.М., Ивановская Т.А., Константинова Г.В. (2019) Основание венда на Южном Урале: Rb-Sr возраст глауконитов бакеевской свиты. *Стратиграфия. Геол. корреляция*, 27(5), 82-96. <https://doi.org/10.31857/S0869-592X27582-96>
- Иванов А.И. (1949) Обоснование сводного стратиграфического разреза древних свит Западного склона Южного Урала. *Бюлл. МОИП. Отд. геол.*, 24(5), 31-42.
- Иванов С.Н., Русин А.И. (2000) Поздненвендский этап тектонического развития Урала. *Геотектоника*, (3), 21-32.
- Иванцов А.Ю., Разумовский А.А., Закревская М.А. (2018) Макрофоссилии верхнего венда Восточной Европы. Средний и Южный Урал. М.: ПИН РАН, 190 с.
- Келлер Б.М., Вейс А.Ф., Горожанин В.М. (1984) Толпаровский разрез верхнего докембрия (Южный Урал). *Изв. АН СССР. Сер. геол.*, (9), 119-124.
- Клюжнина М.Л. (1991) Вендская система Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 60 с.
- Князев Ю.Г., Князева О.Ю., Сначев В.И., Жданов А.В., Каримов Т.Р., Айдаров Э.М., Масагутов Р.Х., Арсланова Э.Р. (2013) Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Сер. Уральская. Л. N-40 – Уфа. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 512 с.
- Козлов В.И., Горожанин В.М. (1993) К вопросу о выделении бакеевской свиты и о возрасте базальных слоёв ашинской серии Южного Урала. *Верхний докембрий Южного Урала и востока Русской плиты*. Уфа: УНЦ РАН, 14-23.
- Колесников А.В., Гражданкин Д.В., Маслов А.В. (2012) Арумбериоморфные текстуры в верхнем венде Урала. *Докл. АН*, 447(1), 66-72.
- Комиссарова Р.А. (1970) Исследование древней намагниченности некоторых осадочных пород Южного Урала в связи с проблемой метакристаллического перемагничивания. Дисс. ... канд. физ.-мат. наук. М.: ИФЗ АН СССР, 140 с.
- Краснобаев А.А., Козлов В.И., Пучков В.Н., Серге-

- ева Н.Д., Бушарина С.В. (2012) Новые данные по цирконовой геохронологии архинских вулканитов (Южный Урал). *Литосфера*, (4), 127-139.
- Краснобаев А.А., Пучков В.Н., Сергеева Н.Д., Бушарина С.В. (2019а) Источники цирконов в обломочных породах рифейских толщ Урала. *Докл. АН*, **488**(4), 413-419. <https://doi.org/10.31857/S0869-56524884413-419>
- Краснобаев А.А., Пучков В.Н., Сергеева Н.Д., Бушарина С.В. (2019б) Природа цирконового кластического в песчаниках рифея и венда Южного Урала. *Георесурсы*, **21**(1), 15-25. <https://doi.org/10.18599/grs.2019.1.15-25>
- Краснобаев А.А., Пучков В.Н., Сергеева Н.Д., Бушарина С.В. (2019в) U-Pb (SHRIMP) возраст цирконов из гранитоидной гальки конгломератов куккараукской свиты ашинской серии венда Алатауского антиклинория (Южный Урал). *Докл. АН*, **486**(5), 598-602. <https://doi.org/10.31857/S0869-56524865598-602>
- Кузнецов А.Б., Семихатов М.А., Горохов И.М. (2014) Возможности стронциевой изотопной хемотратиграфии в решении проблем стратиграфии верхнего протерозоя (рифей и венда). *Стратиграфия. Геол. корреляция*, **22**(6), 3-26.
- Кузнецов Н.Б., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н., Романюк Т.В., Белоусова Е.А., Сысоева А.О., Дубенский А.С., Шешуков В.С., Ляпунов С.М. (2022) Характер распределения U-Pb изотопного возраста зерен детритового циркона из обломочных пород бакеевской свиты (нижний элемент сводного разреза ашинской серии) Башкирского поднятия (Южный Урал). *Тектоника и геодинамика Земной коры и мантии: фундаментальные проблемы – 2022*. Мат-лы ЛПТ Тектонич. совещ. Т. 1. М.: ГЕОС, 244-249.
- Кузнецов Н.Б., Романюк Т.В., Маслов А.В., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н., Каныгина Н.А., Дубенский А.С., Белоусова Е.А. (2019) Первые результаты U-Pb датирования детритовых цирконов из песчаников верхневендской бакеевской свиты Башкирского поднятия (Южный Урал). *Проблемы тектоники континентов и океанов*. Мат-лы LI тектонич. совещ. Т. 1. М.: ГЕОС, 305-310.
- Кузнецов Н.Б., Романюк Т.В., Шацилло А.В., Голованова И.В., Данукалов К.Н., Меерт Дж. (2012б) Возраст детритных цирконов из ашинской серии Южного Урала – подтверждение пространственной сопряженности уральского края Балтики и Квинслендского края Австралии в структуре Родинии (Australia upside down conception). *Литосфера*, (4), 59-77.
- Кузнецов Н.Б., Романюк Т.В., Шацилло А.В., Орлов С.Ю., Голованова И.В., Данукалов К.Н., Ипатова И.С. (2012а) Первые результаты массового U/Pb-изотопного датирования (LA-ICP-MS) детритных цирконов из ашинской серии Южного Урала: палеогеографический и палеотектонический аспекты. *Докл. АН*, **447**(1), 73-79.
- Кузнецов Н.Б., Шацилло А.В. (2011) Первые находки скелетных фосфоритов в куккараукской свите ашинской серии Южного Урала и их значение для определения начала протоуральско-тиманской коллизии. *Докл. АН*, **440**(3), 378-383.
- Левашова Н.М., Голованова И.В., Рудько Д.В., Данукалов К.Н., Рудько С.В., Сальманова Р.Ю., Сергеева Н.Д. (2021) Период гиперактивности магнитного поля в конце эдиакария: оценка частоты инверсий циркостратиграфическим методом. *Физика Земли*, (2), 119-129. <https://doi.org/10.31857/S0002333721020022>
- Маслов А.В. (2014) Литогеохимический облик отложений ашинской серии венда западного склона Южного Урала. *Литосфера*, (1), 13-32.
- Маслов А.В. (2021) Верхний докембрий Южного Урала. *Стратиграфия верхнего докембрия: проблемы и пути решения*. Мат-лы VII Росс. конф. по проблемам геологии докембрия. СПб.: Свое изд-во, 114-117.
- Маслов А.В., Ишерская М.В. (1998) Основные черты стратиграфии и палеогеографии позднего венда Западного склона Южного Урала и прилегающих районов востока Русской платформы. *Палеогеография венда-раннего палеозоя Северной Евразии*. Екатеринбург: УрО РАН, 30-43.
- Маслов А.В., Крупенин М.Т., Гареев Э.З., Анфимов Л.В. (2001) Рифей западного склона Южного Урала (классические разрезы, седименто- и литогенез, минерализация, геологические памятники природы). Т. IV. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 103 с.
- Маслов А.В., Подковыров В.Н., Гражданкин Д.В., Колесников А.В. (2018) Верхний венд востока, северо-востока и севера Восточно-Европейской платформы: процессы осадконакопления и эволюция биоты. *Литосфера*, **18**(4), 520-542. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2018-18-4-520-542>
- Маслов А.В., Степанов А.И., Петров Г.А., Крупенин М.Т. (2008) Возраст галек граносиенитов из конгломератов урюжской свиты Южного Урала. *Геология, полезные ископаемые и проблемы геологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий*. Мат-лы VII межрегион. науч.-практ. конф. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 131-132.
- Методическое руководство по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000 (третьего поколения). (2009) СПб.: ВСЕГЕИ, 288 с.
- Мигдисов А.А., Балашов Ю.А., Шарков И.В., Шерстеников О.Г., Ронов А.Б. (1994) Распространенность редкоземельных элементов в главных литологических типах пород осадочного чехла Русской платформы. *Геохимия*, (6), 789-803.
- Петров О.В., Зубова Т.Н., Вербицкий В.Р. (2016) Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000. Регион. геология и металлогения, (67), 19-33.
- Полевая Н.И., Казаков Г.А., Мурина Г.А. (1960) Глаукоциты как индикатор геологического времени. *Геохимия*, (1), 3-10.
- Путеводитель геологической экскурсии по разрезам палеозоя и верхнего докембрия западного склона Южного Урала и Приуралья. (Сост. В.И. Козлов, З.А. Синицына, Е.И. Кулагина). Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1995. 177 с.
- Пучков В.Н. (2000) Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Гилем, 146 с.
- Пучков В.Н. (2010) Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 280 с.
- Разумовский А.А., Иванцов А.Ю., Новиков И.А., Корочанцев А.В. (2015) Kuckaraukia multituberculata: новое вендское ископаемое из басинской свиты ашинской серии Южного Урала. *Палеонтол. журн.*, (5), 3-9.



- Разумовский А.А., Новиков И.А., Рязанцев А.В., Рудько С.В., Кузнецов Н.Б., Яшунский Ю.В. (2020) Древнейшие вендские ископаемые Евразии: U-Pb изотопный возраст басинской свиты (ашинская серия, Южный Урал). *Докл. АН*, **495**(2), 3-8. <https://doi.org/10.31857/S2686739720120099>
- Сергеева Н.Д., Пучков В.Н., Краснобаев А.А., Козлова О.В., Ратов А.А. (2019) Ашинская серия венда: орогенный комплекс тиманид на Южном Урале. *Геол. вестн.*, (1), 3-34. <https://doi.org/10.31084/2619-0087-2019-1-1>
- Сочава А.В. (1996) Петрохимия вендских терригенных отложений Русской платформы и ее складчатого обрамления. *Палеогеография венда-раннего палеозоя (ПВРП-96)*. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 146-149.
- Стратиграфический кодекс России. (2019) (Сост. А.И. Жамойда и др.) СПб.: ВСЕГЕИ, 96 с.
- Стратотип рифея. Палеонтология. Палеомагнетизм. (1982) (Отв. ред. Б.М. Келлер). М.: Наука, 176 с.
- Стратотип рифея. Стратиграфия. Геохронология. (1983) (Отв. ред. Б.М. Келлер, Н.М. Чумаков) М.: Наука, 184 с.
- Федорова Н.М., Левашова Н.М., Баженов М.Л., Мерерт Дж.Дж., Сергеева Н.Д., Голованова И.В., Данукалов К.Н., Кузнецов Н.Б., Кадыров А.Ф., Хидиятов М.М. (2013) Восточно-Европейская платформа в конце эдиакария: новые палеомагнитные и геохронологические данные. *Геология и геофизика*, **54**(11), 1782-1794.
- Храмов А.Н., Гончаров Г.И., Комиссарова Р.А., Писаревский С.А., Погарская И.А., Ржевский Ю.С., Родионов В.П., Слауцитайс И.П. (1982) Палеомагнитология. Л.: Недра, 312 с.
- Bazhenov M.L., Levashova N.M., Meert J.G., Golovanova I.V., Danukalov K.N., Fedorova N.M. (2016) Late Ediacaran magnetostratigraphy of Baltica: Evidence for Magnetic Field Hyperactivity? *Earth Planet. Sci. Lett.*, **435**, 124-135. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2015.12.015>
- Glasmacher U.A., Bauer W., Giese U., Reynolds P., Kober B., Stroink L., Alekseev A., Puchkov V.N., Willner A.P. (2001) The metamorphic complex of Beloretzk, SW Urals, Russia a terrane with a polyphase Meso- to Neoproterozoic thermo-dynamic evolution. *Precamb. Res.*, **110**(1), 185-213. [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(01\)00187-5](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(01)00187-5)
- Glasmacher U.A., Reynolds P., Alekseev A.A., Puchkov V.N., Taylor K., Gorozhanin V., Walter R. (1999) <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar Thermochronology west of the Main Uralian fault, Southern Urals, Russia. *Geol. Rundsch.*, **87**(4), 515-525.
- Kolesnikov A.V., Marusin V.V., Nagovitsin K.E., Maslov A.V., Grazhdankin D.V. (2015) Ediacaran biota in the aftermath of the Kotlinian Crisis: Asha Group of the South Urals. *Precamb. Res.*, **263**, 59-78. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2015.03.011>
- Levashova N.M., Bazhenov M.L., Meert J.G., Kuznetsov N.B., Golovanova I.V., Danukalov K.N., Fedorova N.M. (2013) Paleogeography of Baltica in the Ediacaran: paleomagnetic and geochronological data from the clastic Zigan Formation, South Urals. *Precamb. Res.*, **236**, 16-30. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2013.06.006>
- Meert J.G., Levashova N.M., Bazhenov M.L., Landing E. (2016) Rapid changes of magnetic Field polarity in the late Ediacaran: Linking the Cambrian evolutionary radiation and increased UV-B radiation. *Gondwana Res.*, **34**, 149-157. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2016.01.001>
- Parker S., Winston D. (2017) Revised interpretations of detrital zircon populations in the Mesoproterozoic Belt and Purcell supergroups of Montana, Idaho and British Columbia. *Conference: Rocky Mountain Section. 69th Annual Meeting – 2017*. <https://doi.org/10.1130/abs/2017RM-293147>
- Paszowski M., Budzyn B., Mazur S., Slama J., Srodon J., Millar I.L., Shumlyanskii L., Kędzior A., Liivamagi S. (2021) Detrital zircon U-Pb and Hf constraints on provenance and timing of deposition of the Mesoproterozoic to Cambrian sedimentary cover of the East European Craton. Part II: Ukraine. *Precamb. Res.*, **362**, 106282. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2021.106282>
- Rudnick R.L., Gao S. (2003) Composition of the Continental Crust. *Treat. Geochem.*, **3**, 1-64.
- Taylor S.R., McLennan S.M. (1985) The Continental Crust: Its composition and evolution. Oxford: Blackwell, 312 p.
- Willner A., Sindern S., Metzger R., Ermolaeva T., Kramm U., Puchkov V., Kronz A. (2003) Typology and single grain U-Pb ages of detrital zircons from Proterozoic sandstones in the SW Urals (Russia): early time markers at the eastern margin of the Baltica. *Precamb. Res.*, **134**, 1-20. [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(03\)00045-7](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(03)00045-7)
- Willner A.P., Ermolaeva T., Stroink L., Glasmacher U.A., Giese U., Puchkov V.N., Kozlov V.I., Walter R. (2001) Contrasting provenance signals in Riphean and Vendian sandstones in the SW Urals (Russia): constraints for a change from passive to active continental margin conditions in the Neoproterozoic. *Precamb. Res.*, **110**, 215-239. [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(01\)00190-5](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(01)00190-5)
- Willner A.P., Wartho J.-A., Kramm U., Puchkov V.N. (2004) Laser <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar ages of single detrital white mica grains related to the exhumation of Neoproterozoic and Late Devonian high pressure rocks in the Southern Urals (Russia). *Geol. Mag.*, **141**(2), 161-172. <https://doi.org/10.1017/S0016756803008628>
- Xiao S.H., Narbonne G.M. (2020) The Ediacaran Period (Eds by F.M. Gradstein, J.G. Ogg, M.D. Schmitz, G.M. Ogg). *Geol. Time Scale 2020*, **1**, 521-561. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824360-2.00018-8>
- Zaitseva T.S., Kuznetsov A.B., Gorokhov I.M., Dankina K.N., Ivanovskaya T.A., Melnikov N.N., Konstantinova G.V. (2013) Globular phyllosilicates of the Vendian Bakeevo Formation, the South Urals – crystallochemical and Rb-Sr isotope data. *Proceedings of the Second International Conference Clays, clay minerals and layered materials – CMLM2013*. St.Petersburg: Falcon Print Publ., 79. (In Russ.)

## REFERENCES

- Alekseev A.A., Alekseeva G.V. (1999) Phengite muscovites and phengites in crystalline schists of the Beloretsk metamorphic complex. *Yearbook-1997*. Ufa, IG USC RAS, 178-184. (In Russ.)
- Badida L.V., Maslov A.V., Mizens G.A. (2020a) Provenance reconstructions. Article 3. Modern methods of detrital minerals' research (garnet, tourmaline, chrome-spinellid, rutile, chloritoid, pyroxene and amphibole). *Lithosphere (Russia)*, **20**(2), 149-167. (In Russ.) <https://doi.org/10.1016/j.lithosphere.2020.100455>

- org/10.24930/1681-9004-2020-20-2-149-167
- Badida L.V., Maslov A.V., Mizens G.A. (2020) Provenance reconstructions. Article 4. Modern methods for investigating detrital minerals (zircon, apatite). *Lithosphere (Russia)*, **20**(3), 363-385. (In Russ.) <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2020-20-3-363-385>
- Bazhenov M.L., Levashova N.M., Meert J.G., Golovanova I.V., Danukalov K.N., Fedorova N.M. (2016) Late Ediacaran magnetostratigraphy of Baltica: Evidence for Magnetic Field Hyperactivity? *Earth Planet. Sci. Lett.*, **435**, 124-135. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2015.12.015>
- Becker Yu.R. (1996) Discovery of the Ediacaran biota at the top of the Vendian of the Southern Urals. *Regional Geology and Metallogeny*, (5), 111-131. (In Russ.)
- Becker Yu.R. (2010) Geological potential of ancient ichnofossils in the Late Precambrian stratotype of the Southern Urals. *Regional Geology and Metallogeny*, (43), 18-35. (In Russ.)
- Becker Yu.R. (2013) Ichnofossils are a new paleontological object in the Late Precambrian stratotype of the Urals. *Lithosphere (Russia)*, (1), 52-80. (In Russ.)
- Becker Yu.R., Kishka N.V. (1989) Discovery of the Ediacaran biota in the Southern Urals. *Theoretical and applied aspects of modern paleontology*. VPO XXXIII session. Leningrad, Nauka Publ., 109-120. (In Russ.)
- Becker Yu.R., Kishka N.V. (1991) Trace fossils in the Upper Vendian deposits of the Southern Urals. *Izv. USSR AN. Ser. geol.*, (6), 66-78. (In Russ.)
- Danukalov K.N., Golovanova I.V., Bazhenov M.L., Sal'manova R.Yu. (2017) Paleomagnetic study of Upper Vendian red sandstones of the Uryuk formation. *Geological collection No. 14*. Ufa, IG USC RAS, 130-135. (In Russ.)
- Danukalov K.N., Parfir'ev N.P., Golovanova I.V., Sergeeva N.D., Sal'manova R.Yu. (2019) The red-colored sandstones of the Late Ediacaran Zigan formation – a unique object of paleomagnetic study of the Earth's history. *Geologicheskii Vestnik*, (3), 93-102. (In Russ.) <https://doi.org/10.31084/2619-0087/2019-3-7>
- Fedorova N.M., Levashova N.M., Bazhenov M.L., Meert J.G., Sergeeva N.D., Golovanova I.V., Danukalov K.N., Kuznetsov N.B., Kadyrov A.F., Khidiyatov M.M. (2013) The East European Platform in the Late Ediacaran: new paleomagnetic and geochronological data. *Russ. Geol. Geophys.*, **54**(11), 1392-1401 (translated from *Geologiya i Geofizika*, **54**(11), 1782-1794). <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2013.10.003>
- Garris M.A. (1964) Geochronological scale of the Urals and the main stages of its development in the Precambrian and Paleozoic (according to the potassium-argon method). *Absolute age of geological formations (International Geol. Congress, 22nd session. Reports of Soviet geologists. Problem 3)*. Moscow, Nauka Publ., 128-156. (In Russ.)
- Geological Dictionary. (2010–2012) In 3 volumes. (Ed. by O.V. Petrov). St.Petersburg, VSEGEI Publ. V. 1. A–I, 432 p.; V. 2. K–P, 480 p.; V. 3. R–Ya, 440 p. (In Russ.)
- Glasmacher U.A., Bauer W., Giese U., Reynolds P., Kober B., Stroink L., Alekseyev A., Puchkov V.N., Willner A.P. (2001) The metamorphic complex of Beloretz, SW Urals, Russia a terrane with a polyphase Meso- to Neoproterozoic thermo-dynamic evolution. *Precamb. Res.*, **110**(1), 185-213. [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(01\)00187-5](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(01)00187-5)
- Glasmacher U.A., Reynolds P., Alekseyev A.A., Puchkov V.N., Taylor K., Gorozhanin V., Walter R. (1999) <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar Thermochronology west of the Main Uralian fault, southern Urals, Russia. *Geol. Rundsch.*, **87**(4), 515-525.
- Golovanova I.V., Danukalov K.N., Bazhenov M.L., Levashova N.M., Kadyrov A.F., Khidiyatov M.M., Sal'manova R.Yu. (2014) Paleomagnetism of the Vendian deposits of the Southern Urals. *Geology, minerals and problems of geoeology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories*. Materials and reports of the 10<sup>th</sup> Interregional scientific and practical conference. Ufa, DesignPress Publ., 14-16. (In Russ.)
- Golovanova I.V., Danukalov K.N., Kozlov V.I., Puchkov V.N., Pavlov V.E., Gallet Y., Levashova N.M., Sirota G.S., Khairullin R.R., Bazhenov M.L. (2011) Paleomagnetism of the Upper Vendian Basu formation of the Bashkirian meganticlinorium revisited. *Izv. Physics of the Solid Earth*, **47**(7), 623-635 (translated from *Fizika Zemli*, (7), 67-79). <https://doi.org/10.1134/S1069351311070020>
- Golovanova I.V., Danukalov K.N., Levashova N.M., Bazhenov M.L. (2010) Prospects for the study of the Vendian complexes of the Southern Urals by the paleomagnetic method. *Geology, minerals and problems of geoeology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories*. Materials of the VIII Interregional Geological Conference. Ufa, DesignPolygraphService Publ., 109-111. (In Russ.)
- Golovanova I.V., Danukalov K.N., Sal'manova R.Yu., Parfir'ev N.P., Levashova N.M. (2021) Late Ediacaran hyperactivity period: new paleomagnetic data on the Zigan formation in the Southern Urals. *Geologicheskii Vestnik*, (1), 46-54. (In Russ.) <https://doi.org/10.31084/2619-0087/2021-1-5>
- Golovanova I.V., Danukalov K.N., Sal'manova R.Yu., Parfir'ev N.P., Levashova N.M. (2020) New results of paleomagnetic studies of the Upper Vendian Zigan Formation in the Southern Urals. *Geology, minerals and problems of geoeology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories*. Iss. 13. Materials and reports of the XIII Interregional Scientific and Practical Conference. Ufa, Mir Pechati Publ., 31-37. (In Russ.)
- Gorozhanin V.M., Michurin S.V., Kanipova Z.A., Biktime-rova Z.R. (2015) Lithological features of diamictites at the Riphean–Vendian boundary in the Tolparovo section (Southern Urals). *Geological collection No. 12*. St.Petersburg, Own publishing house, 23-34. (In Russ.)
- Grazhdankin D.V., Marusin V.V., Meert J., Krupenin M.T., Maslov A.V. (2011) Kotlin regional stage in the South Urals. *Doklady Earth Sciences*, **440**(1), 1222-1226 (translated from *Doklady Akademii Nauk*, **440**(2), 201-206). <https://doi.org/10.1134/S1028334X11090170>
- Grazhdankin D.V., Maslov A.V. (2015) The room for the Vendian in the International Chronostratigraphic Chart. *Russ. Geol. Geophys.*, **56**, 549-559 (translated from *Geologiya i Geofizika*, **56**(4), 703-717). <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2015.03.007>
- Guide for a geological excursion along the sections of the Paleozoic and Upper Precambrian of the western slope of the Southern Urals and the Urals. (1995) (Eds V.I. Kozlov, Z.A. Sinitsyna, E.I. Kulagina). Ufa, IG USC RAN, 177 p. (In Russ.)
- Guidelines for the compilation and preparation for publication of sheets of the State Geological Map of the Russian

- Federation at a scale of 1 : 1.000.000 (third generation). (2009) St.Petersburg, VSEGEI Publ., 288 p. (In Russ.)
- Ivanov A.I. (1949) Substantiation of the consolidated stratigraphic section of the ancient suites of the Western slope of the Southern Urals. *Bull. MOIP. Dep. geol.*, **24**(5), 31-42. (In Russ.)
- Ivanov S.N., Rusin A.I. (2000) Late Vendian stage of the tectonic development of the Urals. *Geotektonika*, (3), 21-32. (In Russ.)
- Ivantsov A.Yu., Razumovsky A.A., Zakrevskaya M.A. (2018) Upper Vendian macrofossils of Eastern Europe. Middle and South Urals. Moscow, Paleontological Institute, RAN, 190 p. (In Russ.)
- Keller B.M., Weiss A.F., Gorozhanin V.M. (1984) Upper Precambrian Tolparovsky section (Southern Urals). *Izv. USSR AN. Ser. geol.*, (9), 119-124. (In Russ.)
- Khramov A.N., Goncharov G.I., Komissarova R.A., Pisarevsky S.A., Pogarskaya I.A., Rzhovsky Yu.S., Rodionov V.P., Slautsitais I.P. (1982) Paleomagnetology. Leningrad, Nedra Publ., 312 p. (In Russ.)
- Klyuzhina M.L. (1991) Vendian system of the Urals. Sverdlovsk, Ural Branch, USSR Academy of Sciences, 60 p. (In Russ.)
- Knyazev Yu.G., Knyazeva O.Yu., Snachev V.I., Zhdanov A.V., Karimov T.R., Aidarov E.M., Masagutov R.Kh., Arslanova E.R. (2013) State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1 : 1.000.000 (third generation). Ural series. Sheet N-40 – Ufa. Explanatory note. St.Petersburg, VSEGEI Publ., 512 p. (In Russ.)
- Kolesnikov A.V., Grazhdankin D.V., Maslov A.V. (2012) Arumberia-type structures in the Upper Vendian of the Urals. *Dokl. Earth Sci.*, **447**(1), 1233-1239 (translated from *Doklady Akademii Nauk*, **447**(1), 66-72). <https://doi.org/10.1134/S1028334X12110013>
- Kolesnikov A.V., Marusin V.V., Nagovitsin K.E., Maslov A.V., Grazhdankin D.V. (2015) Ediacaran biota in the aftermath of the Kotlinian Crisis: Asha Group of the South Urals. *Precambr. Res.*, **263**, 59-78. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2015.03.011>
- Komissarova R.A. (1970) Study of the ancient magnetization of some sedimentary rocks of the Southern Urals in connection with the problem of metachronous remagnetization. Cand. thesis-math. Sci. Diss. Moscow, IFZ AN SSSR, 140 p. (In Russ.)
- Kozlov V.I., Gorozhanin V.M. (1993) On the problem of identifying the Bakeevo Formation and the age of the basal layers of the Asha Group of the Southern Urals. *Upper Precambrian of the Southern Urals and the east of the Russian Plate*. Ufa, USC RAS Publ., 14-23. (In Russ.)
- Krasnobaev A.A., Kozlov V.I., Puchkov V.N., Sergeeva N.D., Busharina S.V. (2012) New data about Arshinian volcanites zircon geochronology. *Lithosphere (Russia)*, (4), 127-139. (In Russ.)
- Krasnobaev A.A., Puchkov V.N., Sergeeva N.D., Busharina S.V. (2019a) Sources of zircons from clastic rocks of the Riphean sequences of the Urals. *Dokl. Earth Sci.*, **488**(2), 1166-1172 (translated from *Doklady Akademii Nauk*, **488**(4), 413-419). <https://doi.org/10.1134/S1028334X19100039>
- Krasnobaev A.A., Puchkov V.N., Sergeeva N.D., Busharina S.V. (2019b) Nature of zircon clastics in the Riphean and Vendian sandstones of the Southern Urals. *Georesources*, **21**(1), 15-25 (translated from *Georesursy*, **21**(1), 15-25). <https://doi.org/10.18599/grs.2019.1.15-25>
- Krasnobaev A.A., Puchkov V.N., Sergeeva N.D., Busharina S.V. (2019v) U-Pb (SHRIMP) age of zircons from granitoid pebbles of Kukkarauk conglomerates of Vendian Asha series in the Alatau anticlinorium (Southern Urals). *Dokl. Earth Sci.*, **486**, 687-691 (translated from *Doklady Akademii Nauk*, **486**(5), 598-602). <https://doi.org/10.31857/S0869-56524865598-602>
- Kuznetsov A.B., Semikhatov M.A., Gorokhov I.M. (2014) The Sr isotope chemostratigraphy as a tool for solving stratigraphic problems of the Upper Proterozoic (Riphean and Vendian). *Stratigr. Geol. Correl.*, **22**(6), 553-575 (translated from *Stratigr. Geol. Correl.*, **22**(6), 3-26). <https://doi.org/10.1134/S0869593814060033>
- Kuznetsov N.B., Gorozhanin V.M., Gorozhanina E.N., Romanyuk T.V., Belousova E.A., Sysoeva A.O., Dubensky A.S., Sheshukov V.S., Lyapunov S.M. (2022) Distribution of the U-Pb isotopic age of grains of detrital zircon from clastic rocks of the Bakeevo Formation (lower element of the composite section of the Asha Group) of the Bashkirian uplift (Southern Urals). *Tectonics and geodynamics of the Earth's crust and mantle: fundamental problems – 2022*. Materials of the LIII Tectonic Conference, 1. Moscow, GEOS Publ., 244-249. (In Russ.)
- Kuznetsov N.B., Orlov S.Yu., Ipat'eva I.S., Romanyuk T.V., Shatsillo A.V., Golovanova I.V., Danukalov K.N. (2012a) The first results of mass U-Pb isotope dating (LA-ICP-MS) for detrital zircons from the Asha Group, South Urals: paleogeography and paleotectonics. *Dokl. Earth Sci.*, **447**(1), 1240-1246 (translated from *Doklady Akademii Nauk*, **447**(1), 73-79). <https://doi.org/10.1134/S1028334X12110025>
- Kuznetsov N.B., Romanyuk T.V., Maslov A.V., Gorozhanin V.M., Gorozhanina E.N., Kanygina N.A., Dubensky A.S., Belousova E.A. (2019) First results of U-Pb dating of detrital zircons from sandstones of the Upper Vendian Bakeevo Formation of the Bashkir Uplift (Southern Urals). *Problems of tectonics of continents and oceans*. Materials of the LI Tectonic Conference, 1. Moscow, GEOS Publ., 305-310. (In Russ.)
- Kuznetsov N.B., Romanyuk T.V., Shatsillo A.V., Golovanova I.V., Danukalov K.N., Meert J. (2012b) The age of detrital zircons from Asha Group, Southern Ural – verification of idea about the spatial conjugation of Baltica and Australia within the Rodinia Supercontinent (a positive test of the “Australia Upside Down conception”). *Lithosphere (Russia)*, (4), 59-77. (In Russ.)
- Kuznetsov N.B., Shatsillo A.V. (2011) The first finds of skeletal fossils in the Kuk-ckarauk formation of the Asha Group (Southern Urals) and their significance for determining the beginning of the Pre-Uralian-Timanian orogeny. *Dokl. Earth Sci.*, **440**(1), 1239-1244 (translated from *Doklady Akademii Nauk*, **440**(3), 378-383). <https://doi.org/10.1134/S1028334X11090261>
- Levashova N.M., Bazhenov M.L., Meert J.G., Kuznetsov N.B., Golovanova I.V., Danukalov K.N., Fedorova N.M. (2013) Paleogeography of Baltica in the Ediacaran: paleomagnetic and geochronological data from the clastic Zigan Formation, South Urals. *Precambr. Res.*, **236**, 16-30. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2013.06.006>
- Levashova N.M., Golovanova I.V., Rud'ko D.V., Danukalov K.N., Rud'ko S.V., Sal'manova R.Y., Sergeeva N.D. (2021) Late Ediacaran hyperactivity peri-

- od: quantifying the reversal frequency. *Izv. Physics of the Solid Earth*, **57**(2), 247-256 (translated from *Fizika Zemli*, (2), 119-129). <https://doi.org/10.1134/S1069351321020026>
- Maslov A.V. (2014) Lithogeochemical image of the Vendian Asha Group deposits of the South Urals. *Lithosphere (Russia)*, (1), 13-32. (In Russ.)
- Maslov A.V. (2021) Upper Precambrian of the Southern Urals. *Stratigraphy of the Upper Precambrian: problems and solutions*. Proc. VII Russian Conference on problems of Precambrian geology. St.Petersburg, Own publishing house, 114-117. (In Russ.)
- Maslov A.V., Isherskaya M.V. (1998) The main features of the Late Vendian stratigraphy and paleogeography of the western slope of the Southern Urals and adjacent areas of the east of the Russian platform. *Paleogeography of the Vendian–Early Paleozoic of Northern Eurasia*. Ekaterinburg, Ural Branch, Russian Academy of Sciences Publ., 30-43. (In Russ.)
- Maslov A.V., Krupenin M.T., Gareev E.Z., Anfimov L.V. (2001) Riphean of the western slope of the Southern Urals (classical cross-sections, sedimento- and lithogenesis, minerageny, geological monuments of nature). V. IV. Ekaterinburg, IGG UrO RAN, 103 p. (In Russ.)
- Maslov A.V., Podkovyrov V.N., Grazhdankin D.V., Kolesnikov A.V. (2018) Upper Vendian in the east, northeast and north of East European Platform: depositional processes and biotic evolution. *Lithosphere (Russia)*, **18**(4), 520-542. (In Russ.) <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2018-18-4-520-542>
- Maslov A.V., Stepanov A.I., Petrov G.A., Krupenin M.T. (2008) Age of granosyenite pebbles from conglomerates of the Uryuk Formation of the Southern Urals. *Geology, minerals and problems of geoecology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories*. Materials VII Interregional. scientific and practical conferences. Ufa, Design-PolygraphService, Publ., 131-132. (In Russ.)
- Meert J.G., Levashova N.M., Bazhenov M.L., Landing E. (2016) Rapid changes of magnetic Field polarity in the late Ediacaran: Linking the Cambrian evolutionary radiation and increased UV-B radiation. *Gondwana Res.*, **34**, 149-157. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2016.01.001>
- Migdisov A.A., Balashov Yu.A., Sharkov I.V., Sherstennikov O.G., Ronov A.B. (1994) Distribution of rare earth elements in the main lithological types of rocks of the sedimentary cover of the Russian platform. *Geokhimiya*, (6), 789-803. (In Russ.)
- Parker S., Winston D. (2017) Revised interpretations of detrital zircon populations in the Mesoproterozoic Belt and Purcell supergroups of Montana, Idaho and British Columbia. *Conference: Rocky Mountain Section. 69th Annual Meeting – 2017*. <https://doi.org/10.1130/abs/2017RM-293147>
- Paszkowski M., Budzyn B., Mazur S., Slama J., Srodon J., Millar I.L., Shumlyanskyy L., Kędzior A., Liivamagi S. (2021) Detrital zircon U-Pb and Hf constraints on provenance and timing of deposition of the Mesoproterozoic to Cambrian sedimentary cover of the East European Craton. Part II: Ukraine. *Precamb. Res.*, **362**, 106282. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2021.106282>
- Petrov O.V., Zubova T.N., Verbitsky V.R. (2016) State Geological Map of the Russian Federation, scale 1 : 1.000.000. *Regional Geology and Metallogeny*, (67), 19-33. (In Russ.)
- Polevaya N.I., Kazakov G.A., Murina G.A. (1960) Glauconites as an indicator of geological time. *Geokhimiya*, (1), 3-10. (In Russ.)
- Puchkov V.N. (2000) Paleogeodynamics of the Southern and the Middle Urals. Ufa, Gilem Publ., 146 p. (In Russ.)
- Puchkov V.N. (2010) Geology of the Urals and Cis-Urals (actual problems of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny). Ufa, DizaynPoligrafServis Publ., 280 p. (In Russ.)
- Razumovskiy A.A., Novikov I.A., Ryazantsev A.V., Rud'ko S.V., Kuznetsov N.B., Yashunskiy Y.V. (2020) The oldest Vendian (Ediacaran) fossils of Eurasia: U-Pb isotope age of the Basa formation (Asha Group, Southern Urals). *Dokl. Earth Sci.*, **495**(2), 867-871 (translated from *Doklady Akademii Nauk*, **495**(2), 3-8). <https://doi.org/10.1134/s1028334x20120090>
- Razumovsky A.A., Ivantsov A.Yu., Novikov I.A., Korochantsev A.V. (2015a) Kuckaraukia multituberculata: a new Vendian fossil from the Basin Formation of the Asha Group of the Southern Urals. *Paleontol. J.* (5), 3-9. (In Russ.) <https://doi.org/10.1134/S0031030115050111>
- Rudnick R.L., Gao S. (2003) Composition of the Continental Crust. *Treat. Geochem.*, **3**, 1-64.
- Sergeeva N.D., Puchkov V.N., Krasnobaev A.A., Kozlova O.V., Ratov A.A. (2019) Asha Series of Vendian: an orogenic complex of Timanides in the Southern Urals. *Geologicheskii Vestnik*, (1), 3-34. (In Russ.) <https://doi.org/10.31084/2619-0087-2019-1-1>
- Sochava A.V. (1996) Petrochemistry of Vendian terrigenous deposits of the Russian platform and its folded framing. *Paleogeography of the Vendian–Early Paleozoic (PVRP-96)*. Ekaterinburg, IGG UrO RAN, 146-149. (In Russ.)
- Stratigraphic Code of Russia. (2019) (Eds A.I. Zhamoida et al.). St.Petersburg, VSEGEI Publ., 96 p. (In Russ.)
- Stratotype of the Riphean. Paleontology. Paleomagnetism. (1982) (Ed. B.M. Keller). Moscow, Nauka Publ., 176 p. (In Russ.)
- Stratotype of the Riphean. Stratigraphy. Geochronology. (1983) (Eds B.M. Keller, N.M. Chumakov). Moscow, Nauka Publ., 184 p. (In Russ.)
- Taylor S.R., McLennan S.M. (1985) The Continental Crust: Its composition and evolution. Oxford, Blackwell, 312 p.
- Weiss A.F., Kozlov V.I., Sergeeva N.D., Vorobieva N.G. (2003) Microfossils of the Upper Riphean type section (Karatav Series of the Southern Urals). *Stratigr. Geol. Korrel.*, **11**(6), 20-45. (In Russ.)
- Willner A., Sindern S., Metzger R., Ermolaeva T., Kramm U., Puchkov V., Kronz A. (2003) Typology and single grain U-Pb ages of detrital zircons from Proterozoic sandstones in the SW Urals (Russia): early time markers at the eastern margin of the Baltica. *Precamb. Res.*, **134**, 1-20. [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(03\)00045-7](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(03)00045-7)
- Willner A.P., Ermolaeva T., Stroink L., Glasmacher U.A., Giese U., Puchkov V.N., Kozlov V.I., Walter R. (2001) Contrasting provenance signals in Riphean and Vendian sandstones in the SW Urals (Russia): constraints for a change from passive to active continental margin conditions in the Neoproterozoic. *Precamb. Res.*, **110**, 215-239. [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(01\)00190-5](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(01)00190-5)
- Willner A.P., Wartho J.-A., Kramm U., Puchkov V.N. (2004) Laser  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  ages of single detrital white mica grains related to the exhumation of Neoproterozoic and Late Devonian high pressure rocks in the Southern

- Urals (Russia). *Geol. Mag.*, **141**(2), 161-172. <https://doi.org/10.1017/S0016756803008628>
- Xiao S.H., Narbonne G.M. (2020) The Ediacaran Period. (Eds F.M. Gradstein, J.G. Ogg, M.D. Schmitz, G.M. Ogg). *Geol. Time Scale 2020*, **1**, 521-561. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824360-2.00018-8>
- Zaitseva T.S., Gorokhov I.M., Kuznetsov A.B., Konstantinova G.V., Turchenko T.L., Melnikov N.N. (2012) Rb-Sr isotope systematics of clay minerals from Vendian sedimentary rocks of the Southern Ural. *Leningrad School of Lithology*. St.Petersburg, St.Petersburg State University, 57-59. (In Russ.)
- Zaitseva T.S., Kuznetsov A.B., Gorokhov I.M., Dankina K.N., Ivanovskaya T.A., Melnikov N.N., Konstantinova G.V. (2013) Globular phyllosilicates of the Vendian Bakeevo Formation, the South Urals – crystallochemical and Rb-Sr isotope data. *Proceedings of the Second International Conference Clays, clay minerals and layered materials – CMLM2013*. St.Petersburg: Falcon Print Publ., 79. (In Russ.)
- Zaitseva T.S., Gorokhov I.M., Turchenko T.L., Melnikov N.N., Konstantinova G.V. (2011) Isotope systematics of clayey material of various sizes: mudstones of the Vendian Tolparovskaya Formation of the Southern Urals. *Proc. I Russian workshop "Clays, clay minerals and layered materials", dedicated to the 90th anniversary of the birth of B.B. Zvyagin*. Moscow, IGEM RAN, 54. (In Russ.)
- Zaitseva T.S., Kuznetsov A.B., Gorozhanin V.M., Gorokhov I.M., Ivanovskaya T.A., Konstantinova G.V. (2019) The lower boundary of the Vendian in the Southern Urals as evidenced by the Rb-Sr age of glauconites of the Bakeevo formation. *Stratigr. Geol. Correl.*, **27**(5), 573-587 (translated from *Stratigr. Geol. Korrel.*, **27**(5), 82-96). <https://doi.org/10.1134/S0869593819050083>
- Zhdanov A.V. (2009) Legend of the Ural series of sheets of Gosgeolkarta-1000/3 (updated version). St.Petersburg, VSEGEI Publ., 380 p. (In Russ.)