

Венд Среднего Урала: обзор некоторых 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 24.02.2022 г., принята к печати 04.04.2022 г.

Объект исследований. Раздел по стратиграфии венда Язьвинско-Косьвинской подзоны Кваркушко-Каменогорского мегантиклинория, написанный для Объяснительной записки к листу О-40 – Пермь Госгеолкарты 1000/3 Российской Федерации, а также результаты, полученные при различных тематических (стратиграфических, палеонтологических, лито- и изотопно-геохимических и др.) исследованиях осадочных последовательностей венда указанной территории. **Материалы и методы.** Материалы – факты, представления и аргументы в пользу тех или иных выводов и мнений разных авторов. Метод – сопоставление и анализ фактов, выводов и представлений предшественников. **Результаты.** Высказано предположение, что представления об архитектуре разрезов венда западного склона Среднего Урала, восходящие к пионерным работам Б.Д. Аблизина и его коллег, можно признать почти достигшими совершенства, хотя принадлежность разных свит к региональным ярусам венда Восточно-Европейской платформы до сих пор трактуется по-разному. Исследования вендской макрофауны на западном склоне Среднего Урала также существенно продвинулись за первые два десятилетия XXI в., чего не скажешь об исследованиях микрофауны. Датирование обломочных цирконов из тиллитовидных конгломератов и песчаников серебрянской и сыльвицкой серий должно быть, несомненно, продолжено. Для венда западного склона Среднего Урала все еще актуальны и датирование цирконов из вулканических туфов/пеплов, а также поиск соотношений уже датированных разнообразных магматических тел с осадочными толщами, что в условиях горно-таежной местности с годами не становится сделать проще. Практически безграничными представляются перспективы исследования химического состава минералов тяжелой фракции и реконструкций на этой основе состава и эволюции источников кластики для осадочных последовательностей серебрянской и сыльвицкой серий. **Заключение.** Анализ опубликованных в первые годы XXI в. работ, посвященных различным аспектам геологии осадочных последовательностей венда Среднего Урала, позволил выявить их сильные и слабые стороны и наметить направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: Средний Урал, венд, результаты исследований, XXI в.

Источник финансирования

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

Vendian of the Middle Urals: A review of some investigations in 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 24.02.2022, accepted 04.04.2022

Research subject. The research objects included a book section on the Vendian stratigraphy of the Yazvinsko-Kosva subzone of the Kvar Kush-Kamenogorsk meganticlinorium, written for the Explanatory note to sheet O-40 – Perm of the State Geological Map 1000/3 of the Russian Federation, as well as the results obtained in the course of various thematic (stratigraphic, paleontological, litho- and isotope-geochemical, etc.) studies of the Vendian sedimentary sequences of the indicated territory. **Materials and methods.** The materials were facts, ideas and arguments in favor of certain conclusions and ideas of various authors. The methods included the comparison and analysis of facts, conclusions and ideas of predecessors. **Results.** It is suggested that the ideas about the architecture of the Vendian deposits of the western slope of the Middle Urals, dating back to the pioneering works of B.D. Ablizin and his colleagues, had almost reached perfection. At the same time, the attribution of different formations to the regional stages of the Vendian of the East Eu-

Для цитирования: Маслов А.В. (2022) Венд Среднего Урала: обзор некоторых исследований начала XXI в. *Литосфера*, 22(5), 555–578. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2022-22-5-555-578>

For citation: Maslov A.V. (2022) Vendian of the Middle Urals: A review of some investigations in the beginning of the 21st century. *Lithosphere (Russia)*, 22(5), 555–578. (In Russ.) <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2022-22-5-555-578>

ropean Platform is still interpreted differently. Studies into the Vendian macrofauna on the western slope of the Middle Urals have also made significant progress in the first two decades of the 21st century, which, however, cannot be said about the studies of microfauna. The dating of detrital zircons from tillite-like conglomerates and sandstones of the Serebryanka and Sylvitsa groups should undoubtedly be continued. For the Vendian of the western slope of the Middle Urals, the dating of zircons from volcanic tuffs/ashes, as well as the search for correlations of already dated various igneous bodies with sedimentary sequences, is still relevant. This search is complicated by mountain taiga conditions. The prospects for studying the chemical composition of heavy fraction minerals, and reconstructing the composition and evolution of clastic sources for sedimentary sequences of the Serebryanka and Sylvitsa groups, seem almost boundless. *Conclusions.* The conducted analysis of works published in the first years of the 21st century on various aspects of the geology of the Vendian sedimentary sequences of the Middle Urals made it possible to identify their strengths and weaknesses and to outline directions for further research.

Keywords: *Middle 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 for the help received in the preparation of this work from L.V. Badida, N.G. Vorobieva, E.Yu. Golubkova, O.Yu. Melnichuk, K.E. Nagovitsin, V.N. Podkovyrov and E.G. Raevskaya. The illustrations for the article were made by N.S. Glushkova.

ВВЕДЕНИЕ

В публикации (Маслов, 2022) уже было отмечено, что геологические исследования в нашей стране ведутся в рамках двух в той или иной мере взаимопереплетающихся потоков. Поток I – это геолого-съёмочные и картосоставительские работы разных масштабов, выполняемые Геологической службой России. Поток II – тематические исследования, проводимые преимущественно в бывших институтах Российской академии наук и отчасти в вузах. Есть тематические работы и в институтах Федерального агентства по недропользованию РФ (ВСЕГЕИ, ЦНИГРИ, ВНИГНИ, ВИМС, ЗапСибНИИГТ и др.).

Главным продуктом Геологической службы РФ считаются Государственные геологические карты масштабов 1 : 200 000 (Госгеолкарта-200) и 1 : 1 000 000 (Госгеолкарта-1000). Они являются основой геологического картографического фонда страны и включают в себя комплекты обязательных карт геологического содержания соответствующих масштабов, сопровождаемые объяснительными записками (Геологический словарь, 2011). Карты составляются по отдельным номенклатурным листам и сериям листов (центрально-европейская, уральская, западно-сибирская и другие серии) государственной топографической основы и издаются в качестве официального государственного документа. Для серий листов разрабатывают-

ся серийные легенды, включающие в себя системы картируемых геологических подразделений и отдельных геологических объектов, а также набор соответствующих условных знаков. Госгеолкарта-1000 – это результат сводного геологического картографирования/генерализации карт геологического содержания крупного и среднего масштабов (прежде всего Госгеолкарты-200) (Геологический словарь, 2011).

В 1990-х гг. перед Госгеолслужбой РФ встал вопрос об обновлении Госгеолкарты масштаба 1 : 1 000 000 (Петров и др., 2016). Необходимость подготовки уже третьего поколения такой карты была вызвана рядом обстоятельств, прежде всего моральным старением. 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.). 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, а среди целевых назначений указаны обеспечение развития прикладной геологической науки, общих знаний о геологическом строении (разрядка на-

ша. – А. М.) и минерагеническом потенциале регионов страны (Методическое руководство..., 2009).

Главный продукт тематических исследований – промежуточные (ежегодные) и окончательные (раз в 3 или 5 лет) отчеты по регистрируемым в Единой государственной информационной системе учета научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения темам, а также различного рода публикации: статьи в периодических и продолжающихся изданиях, тезисы докладов и в меньшей степени монографии. Последние с появлением в 2013 г. Федерального агентства научных организаций РФ (ФАНО РФ) попали в разряд излишних и нецелесообразных. После ликвидации ФАНО ситуация не меняется.

При внимательном знакомстве с содержанием обоих потоков информации о недрах можно отметить, что степень их пересекаемости и соответственно взаимообогащаемости часто оставляет желать лучшего. Далее сделана попытка показать это на ряде примеров из Объяснительной записки к комплекту карт листа О-40 – Пермь, охватывающему весь западный склон Среднего Урала. Все рассматриваемые примеры касаются исключительно осадочных последовательностей венда (серебрянская и сылвицкая серии) Язьвинско-Косьвинской подзоны Кваркушско-Каменногорской структурно-фациальной зоны/мегаантиклинория (рис. 1). Рубрикация данной статьи повторяет рубрикацию работы (Маслов, 2022). Это позволит читателю при желании самостоятельно сопоставить результаты исследований отложений венда Среднего и Южного Урала, полученные в два первых десятилетия XXI в. Как и в указанной публикации, здесь мы также старались воздержаться от анализа авторских аргументов, приводя только выводы.

Для уральской серии листов Госгеолкарты-1000/3 актуализированная легенда подготовлена А.В. Ждановым (2009). Вендские картируемые подразделения (КП) Язьвинско-Косьвинской и Западно-Башкирской подзон (последняя отвечает западным и центральным районам Башкирского мегаантиклинория) скоррелированы в ней следующим образом (рис. 2): дворецкая толща, танинская, гаревская, койвенская, бутонская и низы керносской свиты Язьвинско-Косьвинской подзоны аналогов в Западно-Башкирской подзоне не имеют. Верхы керносской свиты, а также старопечнинская и перевалокская свиты сопоставлены с бакеевско-басинским интервалом Западно-Башкирской подзоны. Верхние границы басинской и перевалокской свит, по-видимому, примерно синхронны. Чернокаменная и усть-сылвицкая свиты Язьвинско-Косьвинской подзоны скоррелированы с куккараукской и зиганской свитами Южного Урала.

ПОТОК I (ОБОБЩЕНИЕ ДАННЫХ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ЛИСТА ГОСГЕОЛКАРТЫ-1000/3 О-40 – ПЕРМЬ)

Посвященный венду стратиграфический раздел Объяснительной записки к листу О-40 – Пермь (Водолазская и др., 2015) почти полностью основывается на указанной ранее серийной легенде, хотя и имеет некоторые особенности. Объяснительная записка рекомендована к изданию НРС Роснедра 18 декабря 2014 г.; соответственно, наиболее свежие публикации и фондовые работы, использованные при ее подготовке, датированы 2014 г.

На территории листа О-40 – Пермь отложения венда залегают трансгрессивно на различных свитах рифея и коре выветривания кристаллического фундамента (по-видимому, это характерно для западной части листа). Вендская система представлена здесь обоими отделами.

К нижнему отделу принадлежит серебрянская серия, объединяющая танинскую, гаревскую, койвинскую, бутонскую и керносскую свиты (каждая из названных свит является самостоятельным картируемым подразделением). Указанная в основании разреза венда Язьвинско-Косьвинской подзоны в легенде уральской серии листов – дворецкая толща – как самостоятельное подразделение в Объяснительной записке (Водолазская и др., 2015) отсутствует. В соответствии с представлениями С.Б. Суслова с соавторами (2002), она рассматривается как составная часть керносской свиты. Серебрянская серия сопоставляется авторами Объяснительной записки с криволукской и аршинской свитами Башкирского мегаантиклинория. Однако в статье (Краснобаев и др., 2012), опубликованной за 2 года до завершения работ по составлению комплекта карт и Объяснительной записки к листу О-40 – Пермь, было показано, что изотопный возраст циркона из метабазальтов аршинской свиты отвечает интервалу 735–705 млн лет, соответственно, названная свита принадлежит верхнему рифею. К сожалению, по-видимому, эта информация до В.П. Водолазской с соавторами не дошла. Для сылвицкой серии в тексте Объяснительной записки отдельной характеристики нет. Упоминание данной серии встречается в ней всего несколько раз.

Танинская свита (250–2000 м) представлена преимущественно тиллитовидными конгломератами. В ее средней части присутствует пачка полевошпат-кварцевых песчаников, гравелитов и глинистых сланцев. Рядом авторов в нижней части свиты выделяются зеленые альбит-хлоритовые сланцы с кальцитом, эпидотом и лейкоксеном, рассматриваемые как туфы и лавы трахибазальтового состава (соотношение этих образований с дворецкой толщей никак не комментируется). Обломки в тиллитовидных конгломератах представлены в основ-

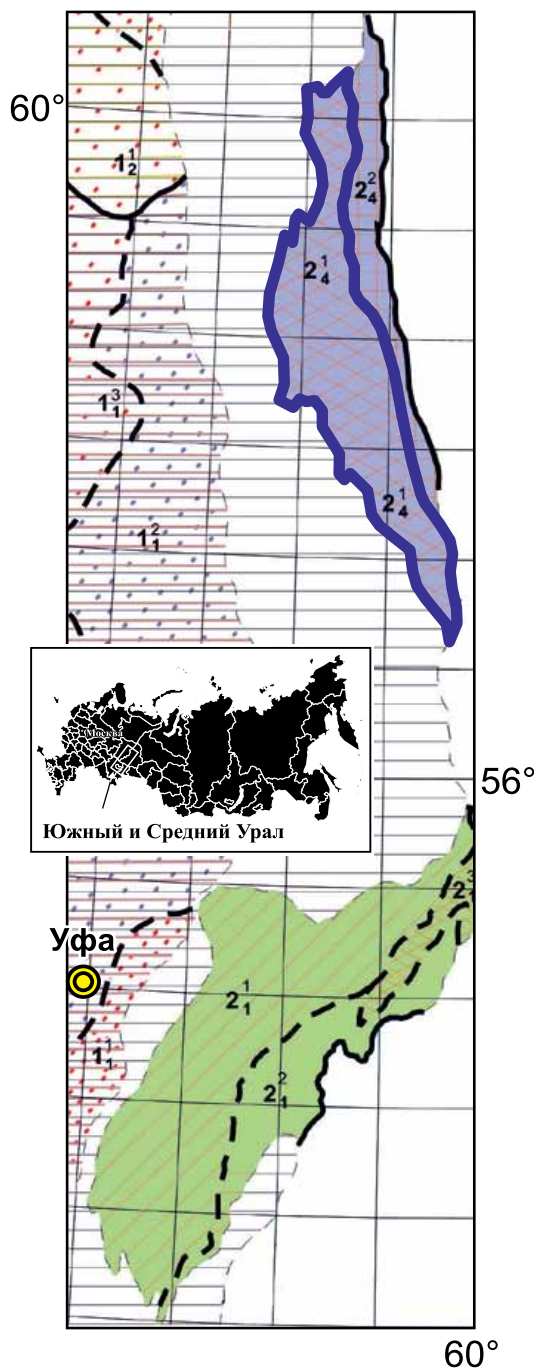


Рис. 1. Положение Язьвинско-Косьвинской (2_4^1) и Западно-Башкирской (2_1^1) подзон в структуре Среднего и Южного Урала, по (Жданов, 2009) с упрощениями.

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

Fig. 1. Position of the Yaz'va-Kos'va (2_4^1), and West Bashkirian (2_1^1) subzones in the structure of the Middle and Southern Urals. After (Zhdanov, 2009) with simplifications.

1_1^1 – Kushkul'-Shikhan subregion; 1_2^1 – Kama-Ufa subregion; 1_3^1 – Iksko-Obvinskaya subregion; 1_2^1 – Verkhnekamsk subregion; 2_1^1 – East Bashkirian subzone; 2_3^1 – Zlatoust subzone; 2_4^1 – 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>.

ном кварцитопесчаниками, карбонатными и магматическими породами. Среди последних преобладают граниты. Присутствующая на поверхности валунов и галек конгломератов штриховка интерпретируется по-разному – и как следствие формирования отложений в ледниковых обстановках, и как отпрепарированные зеркала скольжения (здесь приведены ссылки на две публикации специалистов ВСЕГЕИ без упоминаний о работах крупнейшего отечественного знатока ледниковых отложений – Н.М. Чумакова, ГИН РАН). Кроме конгломератов в разрезах данного КП присутствуют алевролиты, алевроаргиллиты и песчаники. В породах свиты Н.С. Михайловой установлены микрофоссилии *Leiosphaeridia* sp. и *Bavlinella faveolata* Scher., а в гальках карбонатных пород в конгломератах – остатки известковистых водорослей (определения В.Г. Варганова), но ссылок на работы, в которых с этими данными можно было бы познакомиться подробнее, нет.

Второе КП нижнего венда – гаревская свита (200–730 м) – объединяет в нижней части зеленовато-серые и темно-серые филлитизированные алевроаргиллиты, а в верхней – зеленовато-серые олигомиктовые песчаники. На подстилающих породах танинской свиты гаревская свита залегает согласно. Породы нижней части свиты повсеместно слабофосфатносы. В песчаниках верхней ее части можно видеть знаки ряби и косую слоистость, что предполагает накопление исходных осадков в прибрежно-морской обстановке. Из отложений свиты в бассейне р. Серебряная описан следующий комплекс микрофоссилий: *Leiosphaeridia holtedahlii* (Tim.) Jank., *Leiosphaeridia* sp., *Bavlinella faveolata* Scher., *Symplastosphaeridium* sp. (Михайлова, Подковыров, 1992). Сразу после указанных определений идет следующий текст: “Там же, по определению Е.Г. Раевской, обнаружены акритархи ордовикского облика: *Baltisphaeridium filiosum* Kjellstrom, *B. hirsutoides* Eisenack, *B. longispinosum* (Eisenack), *B. ritvae* Kjellstrom и др.” (Водолазская и др., 2015, с. 22). Из конструкции текста создается впечатление, что названные (действительно ордовикские, как указала нам Е.Г. Раевская в устном

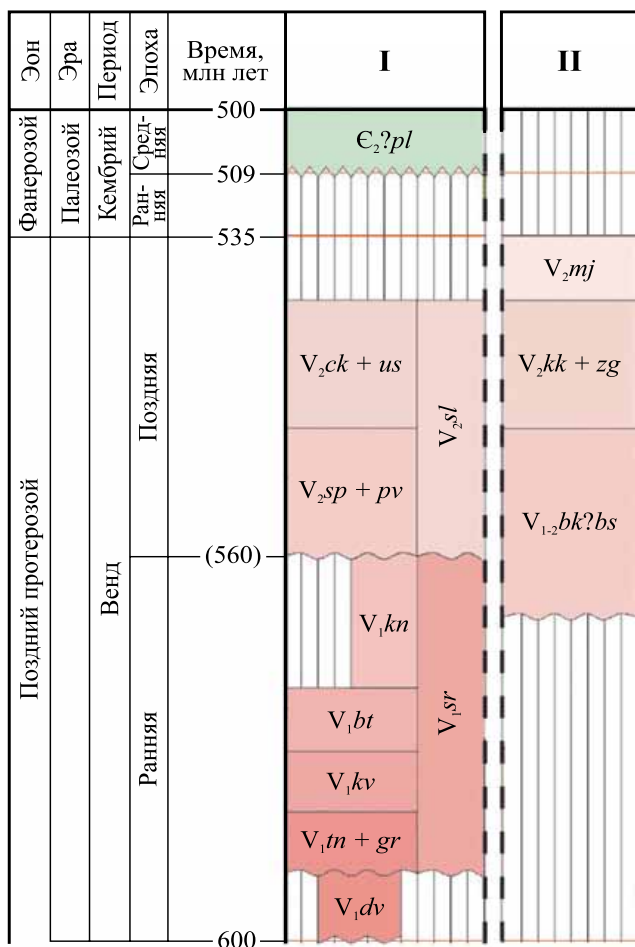


Рис. 2. Схема корреляции вендских стратондов Язьвинско-Косьвинской (I) и Западно-Башкирской (II) подзон в Легенде Уральской серии листов Госгеолкарты-1000/3 масштаб 1 : 1 000 000, по (Жданов, 2009) с упрощениями.

V_1sr – серебрянская серия; V_2sl – сылвицкая серия; V_1dv – дворецкая толща; $V_1tn + gr$ – танинская и гаревская свиты; V_1kv – койвенская свита; V_1bt – бутонская свита; V_1kn – керноская свита; $V_2sp + pv$ – старопечнинская и перевалокская свиты; $V_2ch + us$ – чернокаменная и усть-сылвицкая свиты; $E_2?pl$ – полудовская свита; $V_{1-2}bk?bs$ – бакеевская, урюкская и басинская свиты; $V_2kk + zg$ – куккараукская и зиганская свиты; V_2mj – малоямантауская свита.

Fig. 2. Correlation scheme of the Vendian stratigraphic units of the Yaz'va-Kos'va (I) and West Bashkirian (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 (Gosgeolokarta-1000/3). After (Zhdanov, 2009) with simplifications.

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 – Kernos Formation; $V_2sp + pv$ – Starye Pechi and Perevalok formations; $V_2ch + us$ – Chernyi Kamen and Ust-Sylvitsa formations; $E_2?pl$ – Polyudovo Formation; $V_{1-2}bk?bs$ – Bakeevo, Uryuk and Basa formations; $V_2kk + zg$ – Kukkarauk and Zigan formations; V_2mj – Ma-lyi Yamantau Formation.

сообщении, февраль 2022 г.) формы присутствуют в породах гаревской свиты и ссылку на это можно найти в публикации (Михайлова, Подковыров, 1992), чего на самом деле там нет. Поэтому данные о присутствии в гаревской свите ордовикских микрофоссилий не соответствуют действительности, налицо какая-то ошибка.

Третье КП – койвенская свита (до 800 м). По мнению авторов записки (Водолазская и др., 2015), породы свиты характеризуются резкой фациальной изменчивостью¹ и значительным сокращением мощности в северном и южном направлениях. В ее разрезах можно видеть филлитизированные глинисто-алевритовые сланцы и полевошпат-кварцевые песчаники, в средней части присутствуют прослой и пачки вулканогенных пород (разрядка наша. – А. М.), тиллитовидных конгломератов, гематитовых сланцев и известняков. Окраска пород зеленая, вишневая, сиреневая, кремовая, голубоватая, розовая и черная. Однако далее написано совершенно иное (там же, с. 23): “В настоящее время в состав койвенской свиты вулканические породы не включены, так как наличие в ней лав авгититов... не обосновано. Последние перемежаются в разрезах с трахибазальтами, трахиандезитами и другими эффузивами, ранее выделявшимися в “дворецкий комплекс”... или дворецкую толщу, и вместе с ними отнесены к керносской свите” (Водолазская и др., 2015, с. 23). В разрезе койвенской свиты в бассейне р. Усьва, ниже пос. Безгорово, присутствуют тиллитовидные конгломераты; они же есть и в бассейне р. Яйва. Контакт с породами вышележащей бутонской свиты постепенный.

Четвертое КП – бутонская свита (300–400 м), сложена сероцветными углито-глинистыми сланцами², неясно- и тонкослоистыми, в некоторых пачках тонкополосчатыми углито-кварцевыми сланцами с небольшой примесью фосфатного вещества и редкими прослоями серых и темно-серых полевошпат-кварцевых песчаников. Нижняя граница свиты четкая и проводится по смене пестроцветных койвенских отложений сероцветными породами бутонской свиты. В бассейне р. Яйва нижняя часть свиты состоит исключительно из черных сланцев с редкими прослоями алевролитов. Некоторые из них содержат желваки фосфоритов (уплощенные гальки и “караваи” размером до 20 см). В алевролитах и фосфоритах бутонской свиты описаны микрофоссилии и ламинаритовые пленки. Сборы и определения И.А. Сиверцевой,

¹ С учетом того, что подстилающие и перекрывающие образования не обладают такой изменчивостью или во всяком случае она авторами записки не отмечена, это достаточно странно.

² Углистых пород в докембрии все же нет, поэтому все подобные названия следует читать и писать как “углеродисто/низкоуглеродисто-глинистые сланцы”.

Ф.А. Курбацкой, В.К. Головенка, В.Г. Варганова, М.А. Федонкина, Н.С. Михайловой. Характеристика микрофауны заимствована из публикаций и фондовых работ 1989–2003 гг.

Керноская свита (300–1500 м) представляет собой пятое КП в разрезе нижнего венда Язьвинско-Косьвинской подзоны. Она объединяет две подсвиты. Нижняя сложена в основном песчаниками, а верхняя имеет карбонатно-вулканогенный состав. В разрезах нижнекерносской подсвиты в так называемой “восточной фации” можно видеть сероцветные массивные и плитчатые, часто фосфатоносные, полевошпат-кварцевые песчаники, темно-серые углистые алевроаргиллиты. В “западной фации” среди песчаников преобладают светлоокрашенные массивные толстоплитчатые полевошпат-кварцевые разности с “бляшками” фосфоритов, алевролитами и аргиллитами. К верхней части керносской свиты, по представлениям авторов Объяснительной записки (Водолазская и др., 2015), принадлежат также вулканы дворцовой толщи. Названная толща объединяет трахибазальты (в том числе подушечные лавы), туфы и туффиты. Наиболее мощная пачка подушечных лав обнажается по р. Усьва в районе руч. Шпалорез. Выдержанный по простиранию характер этих пачек, значительная их мощность, преобладание лав над туфами, а также ассоциация с субвулканическими интрузиями близкого состава предполагают трещинный тип извержений. В бассейнах рек Усьва, Вильва и Кусья мощность вулканогенно-осадочной толщи достигает 1000 м. Здесь наблюдаются мелкообломочные туфы и лавы авгититов и лимбургитов с прослоями трахиандезитов, брекчиями и туфами оливиновых и пироксеновых трахибазальтов, а также туфами и туффитами трахиандезибазальтов. Резкое преобладание в разрезах пирокластических образований и наличие жерловых фаций дает основание рассматривать их как продукты вулканов центрального типа. U-Pb-изотопный возраст (SHRIMP II, ЦИИ ВСЕГЕИ) цирконов из авгититов, обнажающихся в бассейне р. Усьва, составляет, по данным (Водолазская и др., 2015), 587 ± 4 млн лет³. Песчаники нижней части керносской свиты содержат микрофоссилии. Список таксонов заимствован из Объяснительной записки к листу Госгеолкарты масштаба 1 : 200 000 (лист О-40-V Усть-Тылай) (Коротков и др., 2013). В ней указано, что определения микрофоссилий выполнены Т.М. Рыбальченко⁴. Стратиграфический диапазон

распространения указанных таксонов – верхний протерозой и нижний кембрий. Вряд ли, однако, эти микрофоссилии при таком временном интервале распространения имеют какое-либо значение для определения возраста керносской свиты. Неясно, для чего они даны. Керноская свита связана, по данным В.П. Водолазской и ее коллег, постепенным переходом с нижележащими отложениями бутонской свиты. Перекрывающие ее конгломераты старопечнинской свиты содержат гальки и валуны песчаников керносской свиты.

Следующее КП – это старопечнинская свита (210–500 м), сложенная желтовато-зеленовато-серыми (“табачными”) алевролитами и аргиллитами с подчиненными прослоями мелкозернистых песчаников и желваками фосфоритов. В ее нижней части встречаются вишнево-красные разности пород. Нередко в основании свиты можно видеть редкогалечные конгломераты. По литологическому составу она подразделяется на две пачки: нижнюю – преимущественно конгломератовую – и верхнюю – алевроито-аргиллитовую. Нижний контакт свиты четкий (пестроцветные сланцы керносской свиты сменяются песчаниками полевошпат-кварцевыми, а выше они переслаиваются с гравелитами и мелкогалечными конгломератами). Неясно, что дает знание о четкости нижнего контакта. Тем не менее при характеристике керносской свиты есть указание на наличие в перекрывающих ее старопечнинских конгломератах галек и валунов песчаников керносской свиты. Видимо, формированию отложений старопечнинской свиты предшествовал размыв. Это же отмечается и в монографии (Аблизин и др., 1982). В породах старопечнинской свиты присутствуют микрофоссилии, следы грунтоедов, указано также, что в гальках карбонатных пород в конгломератах В.Г. Варгановым обнаружены известковистые водоросли. Все работы, в которых приведена указанная информация, датированы 1982–1985 гг. Валидность этих данных в настоящее время требует подтверждения.

Переваловская свита (300–400(?) м) присутствует и в тексте Объяснительной записки, и на карте в виде объединенного в западной части Кваркушско-Каменногорского мегантиклинория со старопечнинской свитой подразделения. Она сложена темноокрашенными алевролитами и аргиллитами. В кровле свиты присутствует пачка мелкозернистых песчаников.

Последнее КП в разрезе верхнего венда – объединенные чернокаменная и усть-сылвицкая свиты. Чернокаменная свита (1100–1250 м) сложена

³ Здесь и далее все значения возраста округлены до целых миллионов лет.

⁴ Также дается ссылка на работу: Плотноков В.Н., Втюрин В.И., Баранов А.В. Отчет о геологической съемке (листы О-40-9-А (зап. пол.), В, Г – (зап. пол.)) и геологическом доизучении (листы О-40-9-А (вост. пол.), Б – (зап. пол.) масштаба 1 : 50 000 Ульвичской площа-

ди на Северном Урале в верховьях р. Яйва, Ульвич и Молмыс в Красновишерском и Александровском районах Пермской области, проведенных в 1984–1989 гг. Пермь, Фонды ОАО “Геокарта-Пермь” 1989.

ритмично чередующимися полимиктовыми песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Это одна из основных литостратиграфических единиц сылвицкой серии, и мы рассмотрели все, что о ней написано в Объяснительной записке, несколько подробнее. На подстилающих породах перевалокской свиты она залегает с постепенным переходом. Породы свиты содержат микрофоссилии, бесскелетные метазоа и следы жизнедеятельности. Список микрофоссилий и “медузоидов эдиакарского типа”, характерных для данного стратона, занимает примерно треть страницы, но ссылок на опубликованные работы только две – одна датирована 1985 г., вторая – 1992 г. Учитывая быстрое развитие палеонтологии позднего докембрия, трудно судить, не будучи специалистом, насколько валидны все эти сведения. При этом в 2010 г., т. е. “задолго” до завершения подготовки комплекта карт листа О-40 – Пермь и Объяснительной записки к нему, была опубликована монография (Гражданкин и др., 2010), в которой детально проанализированы все палеонтологические макроостатки, присутствующие в перевалокской и чернокаменной свитах (речь о них идет далее).

Флишоподобный характер строения чернокаменной свиты подчеркивается, по мнению авторов записки, наличием на подошве алевролитов и песчаников различных гиероглифов⁵, а также градиционной слоистости и признаков конседиментационных подводно-оползневых процессов. Последние фиксируются горизонтами внутрiformационных брекчий, состав материала которых не отличается от такового вмещающих пород. Странно, что данных об изотопном возрасте чернокаменной свиты, как и большинства других, входящих в состав серебрянской и сылвицкой серий, литостратиграфических подразделений, нет. Для венда, как и эдиакария, большинство, как нам представляется, принципиальных датировок получено за последние 25–30 лет по цирконам из вулканических туфов/пеплов. Подобные породы обнаружены Д.В. Гражданкиным на Среднем Урале в 2002 и 2003 гг. в старопечнинской и чернокаменной свитах соответственно (Маслов и др., 2006) (речь об этом идет далее). В 2005 г. был впервые получен U-Pb-изотопный возраст цирконов из вулканических туфов в основании чернокаменной свиты. Эти сведения опубликованы в журнале “Доклады Академии наук” (Ронкин и др., 2006), но остались вне поля зрения авторов Объяснительной записки к листу О-40 – Пермь.

Авторы записки без каких-либо аргументов и ссылок предполагают, что “в модели образования осадочных бассейнов эти отложения [чернокамен-

ской свиты]”⁶ больше всего отвечают интенсивной (провальной) стадии образования континентального рифта” (Водолазская и др., 2015, с. 30). Однако здесь следует отметить, что в разрезах чернокаменной свиты нет ни одного прослоя грубозернистых песчаников или гравелитов, как и конгломератов, следовательно, об “интенсивной” фазе развития бассейна (тем более – рифтового) не может идти речь. Возникает вопрос о том, что является индикатором интенсивности – только горизонты внутрiformационных брекчий или, по образному выражению М.Л. Ключиной (1963), “горизонты с булочками”? Увы, этого мало.

Усть-сылвицкая свита (мощность более 350 м) сложена красновато-бурыми, сиренево-коричневыми и зеленоватыми грубослоистыми мелко- и среднезернистыми песчаниками с подчиненными прослоями алевролитов и аргиллитов. На водоразделе рек Вильва и Вижай в составе свиты преобладают средне-мелкозернистые песчаники, реже встречаются алевропесчаники, разномасштабные и гравийные разности псаммитов. Поздневендский возраст свиты принят авторами Объяснительной записки в соответствии с легендой (Жданов, 2009) и общим ее структурным положением (усть-сылвицкая свита залегает под песчаниками такатинской свиты девона). Текстульные особенности пород свиты (косая слоистость, знаки волновой ряби, капли дождя) позволили В.П. Водолазской с соавторами (2015) считать, что накопление исходных осадков происходило в мелководных обстановках регрессирующего морского бассейна на фоне возникновения⁷ байкальских орогенных межгорных депрессий. Со ссылками на публикации Ю.Р. Беккера и А.А. Кухаренко (соответственно 1980 и 1960 гг.) в записке указывается, что породы усть-сылвицкой свиты содержат метазоа и остатки флоры, сопоставляемой А.Н. Криштофовичем “...с флорой нижнего девона Бельгии и Шпицбергена” (Водолазская и др., 2015, с. 31). Так как последнее определение сделано, несомненно, несколько ранее 1960 г., то вновь возникает вопрос о том, насколько валидно оно сейчас. Важно отметить, что эти данные приводятся в Объяснительной записке, вы-

⁶ Приведенный в квадратных скобках текст – это наша расшифровка различных авторских сокращений или уточнение того, о чем в цитате идет речь.

⁷ Если трактовать эту фразу буквально, то только в самом конце венда на западном склоне Среднего Урала фиксируется проявление процессов орогенеза. Тогда какая геодинамика была свойственна времени формирования отложений старопечнинской, перевалокской и чернокаменной свит? Если, по мнению авторов Объяснительной записки, чернокаменная свита – это образования интенсивной провальной стадии развития континентального рифта, то как перекрывающие ее отложения могут быть индикаторами уже начала орогенеза?

⁵ Читая эту часть текста, можно сделать вывод, что она написана либо самим Н.Б. Вассоевичем, либо его прямым учеником.

шедшей в 2015 г. (т. е. через 65 лет после их опубликования). Возможно, нет более современных определений?

Приведенные в Объяснительной записке к листу О-40 – Пермь данные позволили ее авторам трактовать историю геологического развития территории современного западного склона Среднего Урала в венде следующим образом. В раннем венде на фоне начавшегося общего подъема территории рифтовые структуры, заложенные в позднем рифее, по-видимому, продолжали функционировать. Основной аргумент в пользу такого предположения – широкое распространение на территории Кваркушко-Каменногорской структурно-фациальной зоны щелочных базальтоидов в ассоциации с грубообломочными образованиями⁸ серебрянской серии. Поскольку на протяжении длительного периода указанные “грубообломочные образования” рассматривались многими авторами, в том числе знатоком ледниковых и связанных с ними отложений Н.М. Чумаковым как тиллитовидные конгломераты, т. е. образования, появление которых контролировалось существенно больше климатом, чем геодинамикой, то авторы Объяснительной записки отмечают: “Присутствие среди отложений раннего венда образований, диагностированных как тиллиты (тиллоиды), свидетельствует, по мнению большинства исследователей, о похолодании, вызвавшем образование ледников. Однако исследования К.Э. Якобсона и А.П. Казака (2008 г.)⁹ позволяют предполагать эксплозивную природу относимых к тиллоидам конглобрекций и... считать, что доминирующим событием на Русской платформе в конце рифея–начале венда было не покровное оледенение, а вспышка эндогенной активности” (Водолазская и др., 2015, с. 235–236).

Относительно истории позднего венда в Объяснительной записке представлена следующая ин-

⁸ Если эти грубообломочные образования – тиллиты, то они не могут рассматриваться как индикаторы активной геодинамики. Для того чтобы аргументировать свою точку зрения, авторам записки приходится прибегать к показательным формулировкам, представленным в тексте далее.

⁹ Такая форма ссылки в большинстве случаев предполагает, что указанная работа в списке литературы отсутствует. Однако под номером 248 в нем есть следующий источник: *Казаков А.П., Копылова Н.Н., Толмачева Е.В., Якобсон К.Э. Флюидно-эксплозивные образования в осадочных комплексах. ГГУП “Минерал”, 2008.* Возможно, именно в нем представлено аргументированное опровержение ледникового генезиса тиллитовидных конгломератов серебрянской серии. Тем не менее, в отличие от публикаций Н.М. Чумакова, указанная работа неизвестна широкому кругу специалистов, по крайней мере, на такой электронной платформе, как elib.ru, сведения о ней на конец января 2022 г. отсутствовали.

формация: “В позднем венде вся Тимано-Уральская система вступила в орогенную стадию. Произошел подъем территории¹⁰; образовавшиеся обширные области сноса¹¹ чередовались с сохранившимися рифтовыми зонами и межгорными прогибами¹², в которых аккумуляровались терригенные и вулканогенные молассы (сылвицкая серия)” (Водолазская и др., 2015, с. 236). Из такой конструкции текста можно сделать спорный вывод, что одна серия объединяет и терригенные, и вулканогенные “молассы”, а как известно (Стратиграфический кодекс..., 2019), серия объединяет две или более свиты, образующие крупный цикл осадконакопления и (или) охарактеризованные какими-либо общими признаками: сходными условиями формирования, преобладанием определенных пород или их направленной сменой. В такой трактовке сыльвицкую серию нельзя считать серией (дополнительно возникает вопрос, сколько разных “моласс” было/присутствует в ее разрезах). Но, пожалуй, самая главная проблема здесь в том, что если в пределах Язьвинско-Косьвинской подзоны на уровне верхнего венда имеется несколько разных моласс, то почему в Западно-Башкирской подзоне, занимающей примерно такое же положение в структуре современного Уральского складчатого пояса, нет множества разных по составу моласс?

ПОТОК II (ТЕМАТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ)

Старт современных тематических исследований вендских осадочных последовательностей Среднего Урала можно уверенно датировать началом XXI в. Они выполнялись специалистами Института геологии и геохимии УрО РАН (г. Екатеринбург) в кооперации с сотрудниками Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН (г. Новосибирск), Геологического института РАН (г. Москва) и американскими коллегами. Большинство полученных и опубликованных результатов этих работ обобщены позднее исследователями Палеонтологического института РАН (г. Москва) – А.Ю. Иванцовым с соавторами (2018), но ряд вопросов остался вне поля их зрения. Мы (подчеркнем это еще раз) не стремимся, так или ина-

¹⁰ Из сказанного в тексте записки непонятно, какой именно территории.

¹¹ Неясно, где располагались области сноса. На западе (в современных координатах), т. е. в пределах Восточно-Европейской платформы, или на востоке, т. е. к востоку от современного Урала? В Объяснительной записке на этот счет не приводятся сведения, как отсутствует и информация, на которую читатель мог бы опереться и сделать те или иные выводы самостоятельно.

¹² Геодинамический режим “рифтовых зон” и “межгорных прогибов”, скорее всего, принципиально различен. Неясно, как они могли сосуществовать одновременно на какой-либо территории.

че, оценить полученные разными авторами результаты и сделанные на их основе выводы. Наша задача – собрать вместе разные точки зрения и акцентировать внимание читателей на публикациях, внесших в познание венда Среднего Урала существенный или принципиально новый вклад.

Строение, расчленение и корреляция осадочных последовательностей

В публикации (Маслов, 2000) на основе сравнения архитектуры нижневендских отложений Кваркушко-Каменногорского мегантиклинория с известными фациальными моделями гляциально-осадконакопления высказано предположение о том, что строение танинско-гаревско-койвинской осадочной последовательности и характер распределения в ней тиллитовидных конгломератов отвечают, скорее всего, накоплению исходных осадков на шельфе (западные разрезы) и склоне (восточные разрезы) седиментационного бассейна. Это следует как из существенного увеличения с запада на восток мощности отложений данного уровня, так и из занятия микститами в восточных разрезах более высокого стратиграфического положения, нежели в западных. Стиль ранневендского осадконакопления на Среднем и Южном Урале был несколько различен. Для первого случая более подходит “шельфово-склоновая” модель. Ранневендский бассейн на Среднем Урале “открывался” в таком случае на восток и имел, вероятно, связь с Мировым океаном. Во втором случае это была, по всей видимости, зона, отвечавшая паре обстановок “кратон–шельф”, в пределах которой гляциальные и марино-гляциальные отложения сохранились в основном в узких врезанных (рифтогенных?) долинах и (или) депрессиях.

В целом архитектура разрезов венда западного склона Среднего Урала, по данным исследований последних 20 лет, не претерпела каких-либо кардинальных изменений по сравнению с той, что описана в монографии (Аблизин и др., 1982). Исключение здесь, пожалуй, только одно. В монографии (Гражданкин и др., 2010) и ряде предшествующих ей публикаций показано, что чернокаменная свита сыльвицкой серии может быть подразделена на толщи, различающиеся набором литотипов и характером цикличности. Эти толщи (вилухинская, шурышская, черемуховская, синекаменная, коноваловская, крутихинская и кобылоостровская) рассматриваются авторами указанной работы как подсвиты чернокаменной свиты.

Вилухинская подсвита (мощность до 250 м) сложена пачками зеленовато-серых песчаников, чередующимися с пестроцветными (фисташково-зелеными и вишнево-красными) тонкослоистыми алевроаргиллитами. Шурышская подсвита (мощность около 200 м) имеет флишеподобный облик благода-

ря частому чередованию зеленовато-серых алевролитов и светло-серых песчаников. Черемуховская подсвита (мощность не менее 35 м) сложена светло-серыми среднезернистыми песчаниками. Синекаменная подсвита (мощность до 150 м) объединяет пачки песчаников и тонкослоистых алевролитов, среди которых можно видеть прослой аргиллитов. Коноваловская подсвита (мощность около 150 м) сложена в нижней части темно-серыми алевроаргиллитами с прослоями и пакетами зеленовато-серых песчаников. В ее верхней части можно видеть пестроцветные алевролиты и аргиллиты, перекрытые пачкой серых и зеленовато-серых мелкозернистых песчаников, алевролитов и аргиллитов. Крутихинская подсвита (мощность 400 м) сложена пачками тонкого чередования песчаников и аргиллитов зеленовато-серого цвета и пачками тонкослоистых голубовато-серых и красно-коричневых аргиллитов. Присутствуют здесь и прослой среднезернистых зеленовато-серых песчаников с многоэтажной косой слоистостью. Кобылоостровская подсвита (мощность до 100 м) сложена серыми и темно-серыми песчаниками, чередующимися с пачками алевролитов и аргиллитов зеленовато-серого цвета.

Соотношение различных литостратиграфических единиц венда Среднего Урала с региональными ярусами венда Восточно-Европейской платформы до сих пор трактуется по-разному. Так, Н.М. Чумаков (2004) считает, что к нижнему венду (по данным (Чумаков, Сергеев, 2004), нижний венд – это лапландский ледниковый горизонт Русской плиты) принадлежат танинская, гаревская, койвинская, бутонская, керносская и нижняя (с тиллитовидными конгломератами) часть старопечнинской свиты. Формирование всей названной последовательности заняло около 10 млн лет (600–590 млн лет). Верхняя часть старопечнинской свиты, а также переваловская, чернокаменная и усть-сылвицкая свиты отнесены Н.М. Чумаковым к среднему и верхнему венду (в работе (Чумаков, Сергеев, 2004) названные подразделения венда соответствуют редкинскому + котлинскому и ровенскому/немакит-далдынскому горизонтам) (рис. 3). Длительность формирования указанных осадочных последовательностей оценивается примерно в 50–55 млн лет.

Сопоставление U-Pb-изотопных датировок цирконов из вулканических туфов/пеплов и потоков пиллоу-лав, присутствующих в отложениях серебрянской и сыльвицкой серий, с возрастными рамками различных неопротерозойских гляциальных эпизодов (Стерт, Марино, Гаскье) позволило сделать вывод о принадлежности всего танинско-нижнестаропечнинского интервала к самому молодому из них (Маслов и др., 2013), хотя временные рамки среднеуральской гляциогенной последовательности более чем на порядок шире, чем у ледникового эпизода Гаскье.

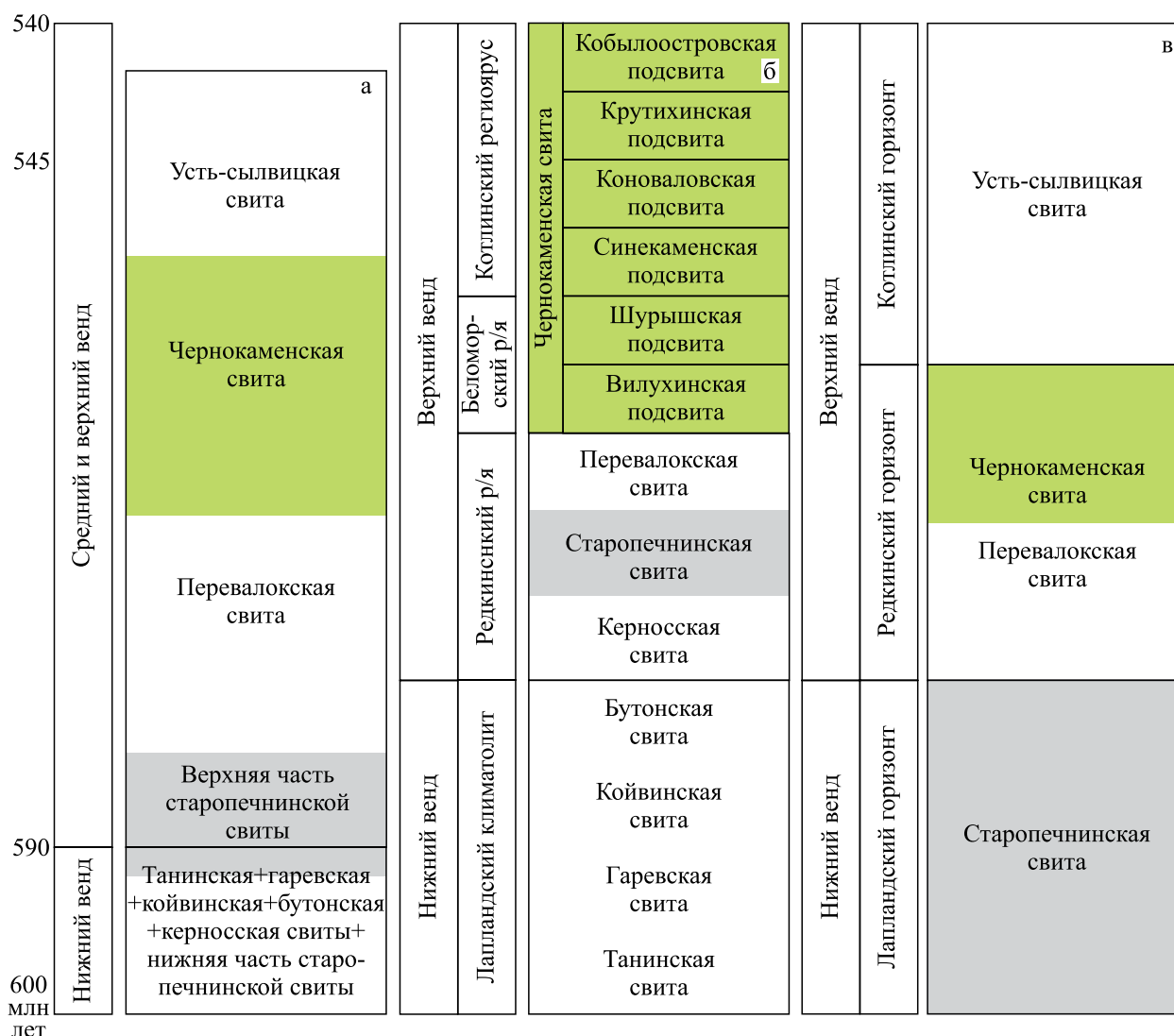


Рис. 3. Принадлежность литостратиграфических единиц серебрянской и сылвицкой серий Среднего Урала региоарусам венда по представлениям разных авторов.

а – (Чумаков, Сергеев, 2004); б – (Гражданкин, Маслов, 2015); в – (Иванцов и др., 2018).

Fig. 3. Assignment of lithostratigraphic units of the Serebryanka and Sylvitsa groups of the Middle Urals to Vendian regional stages according to different authors.

а – (Chumakov, Sergeev, 2004); б – (Grazhdankin, Maslov, 2015); в – (Ivantsov et al., 2018).

В работе (Гражданкин, Маслов, 2015) к лапландскому климатолиту отнесены танинская, гаревская, койвинская и бутонская свиты (см. рис. 3). Керноская, старопечнинская и перевалокская свиты принадлежат редкинскому региоарусу. Беломорскому региоарусу отвечают вилухинская (в ее основании присутствуют вулканические туфы/пеплы с U-Pb-изотопным возрастом цирконов 557 ± 13 млн лет), шурышская, черемуховская, синекаменская и коноваловская подсвиты чернокаменской свиты, а котлинскому – крутихинская и кобылоостровская подсвиты той же свиты (усть-

сылвицкая свита рассматривается Д.В. Гражданкиным как инофацальный аналог верхней части чернокаменской свиты).

В монографии (Иванцов и др., 2018, рис. 2, с. 83) приведена иная схема корреляции отложений венда Восточно-Европейской платформы и Западного Урала (см. рис. 3). К нижнему венду отнесена старопечнинская свита. Танинско-керносский интервал (серебрянская серия) отношения к венду не имеет, основания для такого подхода изложены следующим образом: “На Среднем Урале вендские отложения Кваркушско-Каменногорского подня-

тия традиционно выделялись в объеме серебрянской и сылвицкой серий... большинство современных исследователей относят породы серебрянской серии к завершающему рифею... а в объеме венда рассматривают только образования сылвицкой серии” (Иванцов и др., 2018, с. 9). Перевалокская и чернокаменная свиты принадлежат редкинскому горизонту, а усть-сылвицкая свита считается имеющей котлинский возраст.

Общие особенности формирования осадочных толщ, их формационная природа

Работы, направленные на анализ формационной природы отложений венда западного склона Среднего Урала, широко проводились в 1970–1990 гг. Так, в известной публикации М.Л. Ключиной и Ф.А. Курбацкой (1970) выделены пять “порodных ассоциаций” и две историко-геологические ассоциации более крупного ранга – флишеидная и молассовая формации. Эти формации отвечали, по мнению авторов, двум этапам формирования сылвицкой серии (первый – старопечнинское, перевалокское и чернокаменское время, второй – усть-сылвицкое время).

Со временем эти представления стали, по сути, традиционными. Их с тем или иными модификациями можно найти во многих публикациях (Постникова, 1977; Ключина, 1982, 1991; Аблизин и др., 1982; Аксенов, 1985; Курбацкая, 2004; и др.). Ю.Р. Беккер (1988 и др.) считал, что сылвицкая серия по характеристикам (строению разрезов, текстурно-структурным особенностям пород, составу песчаников и др.) целиком может рассматриваться как альпинотипная моласса (детальный разбор этих представлений см. в работе (Гражданкин и др., 2010)).

По мнению М.Л. Ключиной (1991), вендские отложения Урала принадлежат трем формациям – спарагмитовой, черносланцевой и флишево-молассовой. К спарагмитовой формации среди рассматриваемых нами литостратиграфических подразделений принадлежат танинская, гаревская и койвинская свиты. Отнесение их к подобного рода формациям основывается на присутствии в разрезах тиллитовидных конгломератов и ленточно-слоистых филлитовидных сланцев. К черносланцевой формации относятся бутонская, керноская, старопечнинская и перевалокская свиты. Типичные флишевые образования – это чернокаменная свита, а к молассе автор относит только усть-сылвицкую свиту. При этом считается, что накопление флишевых и молассовых образований происходило одновременно, и они фациально замещают друг друга.

В то же время примерно 10 годами ранее (Ключина, 1982) взгляды автора были иными. Танинская свита относилась к формации редкогалечных тиллитовидных конгломератов, гаревская сви-

та считалась фалаховой формацией¹³, а койвинская – терригенно-карбонатной. Завершался формационный ряд нижнего венда черносланцевой формацией (бутонская свита). При таком подходе верхняя, керноская, свита серебрянской серии почему-то оказывалась верхневендской и относилась М.Л. Ключиной к еще одной фалаховой формации. Старопечнинская, перевалокская и чернокаменная свиты слагали флишеидную формацию, а усть-сылвицкая выступала, как и ранее (Ключина, Курбацкая, 1970), формацией собственно молассовой или нижнемолассовой.

В соответствии с работами (Курбацкая, 1986, 1995; Ибламинов и др., 1996а, б; и др.), формирование отложений венда Кваркушско-Каменногорского и Полудово-Колчимского антиклинориев происходило в обстановках перикратонного рифта. Очевидно, что при выборе такой геодинамической модели в составе осадочного выполнения нет места ни молассоидам, ни собственно молассе, но это осталось вне поля зрения авторов. Ранневендские осадочные толщи принадлежат к спарагмитовой формации, тогда как поздневендские – к флишеидно-молассовидной, или таких формаций, как и спарагмитовых, несколько.

А.В. Сочава (1996) обратил внимание на то, что для чернокаменной свиты многими авторами отмечается 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 считать их сложными турбидитовыми осадками континентального склона. Формирование всех подобных ассоциаций происходило, по-видимому, на стадии перехода от рифтогенеза к спредингу.

Напротив, по мнению авторов монографии “Осадочные системы сылвицкой серии (верхний венд Среднего Урала)”, “сылвицкая серия... не является разновидностью флишевой формации. Под флишевой формацией в ее типичном выражении обычно понимается парагенез турбидитов, других спазматических, подводно-коллювиальных и фоновых отложений, которые сформировались в глубоководных обстановках в условиях быстрого некомпенсированного прогибания области седиментации... Несмотря на то, что в разрезах сылвицкой серии широко представлены отложения мутьевых потоков, одного этого признака недостаточно. Диагностическими признаками флиша являются: 1) присутствие илистого (завершающего) элемента турбидитов в подавляющем большинстве элементарных циклитов; 2) градационная слоистость и другие текстуры, указывающие на “мгновенность” седиментации;

¹³ Фалаховая формация объединяет, как известно, преимущественно песчаники, тогда как гаревская свита представлена в основном филлитовидными сланцами.

3) “особая ритмичность”, заключающаяся в преобладании мелких и правильных, наиболее монотонных элементарных циклитов. Для сылвицкой серии в целом градационная слоистость не характерна; песчаники в большинстве случаев демонстрируют резкую верхнюю границу и признаки многократной переработки осадка волнами. Аргиллиты и алевролиты крайне редко присутствуют в виде одноактного илистого элемента турбидитов. ... В составе сылвицкой серии не обнаружено глубоководных отложений, а широкое распространение косоволнистой слоистости свидетельствует о слабом компенсированном прогибании области седиментации... Во всей сылвицкой серии только шурышская подсистема сформировалась в условиях некомпенсированного прогибания... она имеет флишеподобный облик. Однако это лишь конвергентное сходство с флишем, обусловленное дефицитом обломочного материала” (Гражданкин и др., 2010, с. 83–84). С учетом того что в разрезах сылвицкой серии можно выделить две крупные парагенетические ассоциации генетических типов отложений: 1) старопечнинско-перевалокскую – отложений подводных илистых равнин; 2) чернокаменско-усть-сылвицкую – отложений донно-флювиальной дельтовой системы с широким продельтовым фронтом, генетический состав ее отвечает шлировым формациям в современном понимании (Гражданкин и др., 2010).

По представлениям В.Н. Пучкова, “...развитие территории Кваркушского антиклинория в позднем, позднейшем рифее и венде было очень близким к развитию территории Башкирского антиклинория и вписывается в представления об их принадлежности к экстернидам тиманид” (2010, с. 39). С учетом палеомагнитных данных Н.В. Лубниной, В.В. Попова с соавторами и М.Р. Iglesia Llanos с соавторами “...удается построить палеорекострукции Балтики для позднего рифея–венда, которые позволяют допустить, что после распада части Родинии... на Лаврентию, Амазонию, Западную Африку и Балтику, последняя испытала значительный поворот против часовой стрелки, что могло быть связано с перестройкой субдукции и началом формирования Гондваны (Пантерры?)... При этом можно предположить сближение Гондваны и Балтики с образованием пространственно связанных тиманид и кадомид” (Пучков, 2010, с. 65). В целом в позднем венде территория северо-востока и востока Восточно-Европейской платформы и западного склона Урала (представлявшая ранее пассивную окраину Балтики, микроконтиненты и островные дуги, разделенные океанической корой), по мнению В.Н. Пучкова, “испытала аккрецию, коллизию и орогенез. ... признаками полноценного орогена в данном случае являются: складчатость, выраженная в отчетливых угловых и даже азимутальных несогласиях в основании палеозоя; почти полное отсутствие кембрия вследствие размыва и не-

отложения; наличие рифейских офиолитов, надсубдукционных комплексов и вендской молассы; вендский метаморфизм, прослеженный от Канина полуострова через весь Тиман, Кваркуш, до златоустовского и белорецкого комплексов на востоке Башкирского антиклинория” (Пучков, 2010, с. 65–66).

Г.А. Петровым (2013) высказано предположение, что рассматриваемые (см., например, (Ибламинов, Лебедев, 2001)) как продукты рифтогенеза на континентальной окраине вендско-раннекембрийские(?) терригенные толщи серебрянской и сылвицкой серий, умеренно-щелочные вулканические и субвулканические породы дворцекого, шпалорезовского и благодатского комплексов, дайки и штоки монцогаббро кусьинского комплекса могут (в свете данных о значительных горизонтальных смещениях, связанных с разворотом палеоконтинента) интерпретироваться как продукты трансформной палеообстановки. Автор также считает, что в позднем венде имела место косая коллизия. С учетом данных Т. Торсвика и Л. Кокса резкий поворот палеоконтинента Балтика по часовой стрелке “должен был вызвать образование систем левых сдвигов и сдвига-взбросов, морфологически сходных с более поздними позднепалеозойскими разрывными нарушениями такой же кинематики. В обстановке преобладания косоориентированных напряжений происходит формирование глубинных расколов... дренирующих мантию, в пределах которых происходит внедрение разнообразных магматических комплексов... Интерпретация вендских магматических образований Кваркушско-Каменногорского антиклинория как продуктов... косой коллизии снимает противоречия между... данными о формировании в венде–раннем кембрии аккреционно-коллизийного орогена и внутриплитными геохимическими характеристиками магматических пород этого возраста” (Петров, 2013, с. 57).

Позднее Г.А. Петровым предложена модель континентальной окраины, существовавшей в позднем протерозое в области сочленения Восточно-Европейской платформы и западного склона Среднего Урала. В ней западной (в современных координатах) окраиной окраинно-континентального бассейна выступает Камско-Бельская структурно-фациальная область. В пределах Язьвинско-Косьвинской подзоны Кваркушско-Каменногорского мегантиклинория доминируют близбереговые осадочные последовательности, среди которых локализованы умеренно-щелочные магматические образования, сходные с вулканиками современных континентальных рифтов. Восточнее (в Усьвинско-Синегорской подзоне) мощность верхнерифейско-нижневендских отложений заметно снижается. Среди них преобладают нормально-щелочные вулканиды и интрузивные образования, формировавшиеся в менее глубинных, чем западные, очагах из более деплетированных магм. “Тенденция уменьшения мощности

отложений и увеличения “океаничности” вулканитов прослеживается восточнее, в Колпаковском пакете пластин. Вероятно, породы колпаковской свиты формировались на утоненной континентальной коре в области перехода от континента к океану. И, наконец, магматические породы протолита белогорского метаморфического комплекса представляют собой фрагмент коры океанического или остроководного типа” (Петров, 2015, с. 130).

Макрофауна

Систематические исследования макрофауны в отложениях венда западного склона Среднего Урала до работ Д.В. Гражданкина (2002–2011? гг.), по сути, не проводились, хотя находки разнообразных представителей вендской макробиоты были известны благодаря публикациям Ю.Р. Беккера (1977, 1980, 1985), В.Г. Варганова (1998), В.И. Кривошеева и Ю.А. Поленова (2001).

В результате исследований 2002–2011 гг. палеонтологические остатки в старопечнинской свите Среднего Урала, как и ранее, обнаружены не были (Гражданкин и др., 2010). В перевалокской свите установлено широкое распространение остатков агглютинированных многокамерных организмов рода *Palaeopascichnus* Palij (Гражданкин и др., 2005), а также обнаружен богатый комплекс уплощенных органостенных остатков (Гражданкин и др., 2007): дисковидные остатки микробиальных колоний *Cyclomedusa* Sprigg, уплощенные плоскоспиральные цилиндрические формы *Grypania* (Walcott), крючковидно и подковообразно изогнутые уплощенные цилиндрические формы, уплощенные эллипсоидные формы *Tawuia* Hofmann, прямые узкие и широкие ленты с продольной структурой, уплощенные остатки эллиптической и ланцетовидной формы, уплощенные нитевидные и цилиндрические остатки с продольными спиральными складками, гладкие ленты *Mezenia* Sokolov, складчатое слоевище с лопастевидным краем, уплощенные остатки булавовидной формы, скопления нитевидных остатков, уплощенные цилиндрические и нитевидные спирально-винтовые остатки. Этот комплекс сопоставляется с миаохонской биотой Южного Китая (Гражданкин и др., 2007).

На нижних поверхностях напластования песчаников вилухинской подсвиты чернокаменской свиты выявлены остатки *Palaeopascichnus* Palij, дисковидные отпечатки микробиальных колоний и слепки органов прикрепления фрондоморфных организмов рода *Charniodiscus* Ford (Гражданкин и др., 2010). На подошве песчаников в нижней части синемакской подсвиты установлены многочисленные отпечатки чуариоморфных колоний *Beltanelloides* Sokolov и слепки органов прикрепления фрондоморфных организмов рода *Aspidella* Billings. В пачках переслаивающихся волнисто-

слоистых песчаников и алевролитов в основании циклитов здесь также обнаружены отпечатки микробиальных колоний *Cyclomedusa* Sprigg, *Ediacaria* Sprigg и *Paliella* Fedonkin, слепки органов прикрепления фрондоморфных организмов *Aspidella* Billings, *Medusinites* Glaessner et Wade, *Protodipleurosoma* Sprigg, *Mawsonites* Glaessner et Wade и *Charniodiscus* Ford, редкие отпечатки перистых тел (род *Vaizitsinia* Sokolov et Fedonkin), остатки палеопасихнид и объемные слепки псаммокораллов *Nemiana* Palij (Гражданкин и др., 2005). На подошве песчаников можно видеть ископаемые следы жизнедеятельности *Psammichnites* Torell и редкие отпечатки чуариоморфид *Beltanelloides* Sokolov (Гражданкин и др., 2010).

Породы верхней части коноваловской подсвиты чернокаменской свиты содержит многочисленные отпечатки *Dickinsonia* Sprigg и *Yorgia* Ivantsov (Гражданкин и др., 2005), а также уплощенные органостенные остатки организмов, напоминающих представителей рода *Longfengshania* Du, редкие чуариоморфиды *Beltanelloides* Sokolov и отпечатки арумбериоморфных организмов (Гражданкин и др., 2010; Колесников и др., 2012). По данным Н.И. Бобкова (2017), остатки *Dickinsonia minima* Sprigg, количество которых в разрезе по р. Сылвица достигает почти 280 особей на 9 м² вскрытой поверхности напластования, в коноваловской подсвите присутствуют в несвойственных им обстановках, напоминающих обстановки приливно-отливных равнин. Это интерпретировано как результат смещения экологического оптимума у дикинсоний. Детальный анализ показал, что практически все найденные экземпляры дикинсоний являются ювенильными особями (Бобков, 2017; Sozonov et al., 2019), погибшими на ранних стадиях онтогенеза. Исследование пространственного распределения дикинсоний дает основание считать изученную популяцию растущей и обладавшей R-стратегией размножения (возрастание скорости роста популяции в начальный период увеличения ее численности) (Созонов, Бобков, 2019а, 2019б). Высказано предположение, что появление дикинсоний в нехарактерных для них обстановках низкоэнергетической литорали связано с котлинским кризисом, приведшим к нарушению экологической структуры сообществ эдиакарского типа. Данные исследования сообщества дикинсоний из верхней части коноваловской подсвиты в нижнем течении р. Сылвица использованы вместе с материалами по другим регионам мира для анализа влияния обстановок осадконакопления на экологию сообществ эдиакарских организмов (Mitchell et al., 2020). Вблизи пласта песчаников, на поверхности которого обнаружены дикинсонии, Н.И. Бобков с коллегами нашли несколько глинистых прослоев, визуально похожих на вулканические туфы/пеплы, но были ли выделены из них и датированы цирконы, нам, к сожалению, на момент написания статьи не было известно.

В верхней части крутихинской подсвиты чернокаменской свиты выявлены вертикальные следы поселения *Bergaueria* Prantl и арумбериоморфные текстуры (Гражданкин и др., 2010; Колесников и др., 2012). Последние, несмотря на сходство с эрозионными текстурами подошвы турбидитов, осадочными образованиями не являются. Они встречаются как в подошве и кровле песчаных прослоев, так и внутри них и приурочены к отложениям крайне мелководных обстановок межрусловых участков дельтовых равнин и песчаных отмелей с признаками периодического осушения, где эрозионные текстуры встречаются редко. Авторами работы (Колесников и др., 2012) выделено несколько разновидностей арумберий, отличающихся биостратомическими особенностями захоронения ископаемых остатков, расстоянием между основными элементами, их сохранностью, а также присутствием дополнительных структур между основными конструктивными элементами. Предполагается, что наблюдаемое разнообразие арумберий отражает не только различные условия захоронения, но также онтогенетическую (возрастную) и фенотипическую (обусловленную действием факторов среды) изменчивость. Приуроченность арумберий к крайне мелководным обстановкам дает основание считать, что они обладали адаптацией к периодическому осушению, и рассматривать их наряду с микробиальными матами как один из факторов биостабилизации осадка в неморских обстановках позднего венда.

В 2020–2021 гг. рекогносцировочные палеонтологические исследования отложений верхнего венда были проведены по берегам Широковского водохранилища (на р. Косьва) В.Д. Десяткиным с коллегами (ГИН и ИФЗ РАН). Им удалось повторить известные находки Ю.Р. Беккера (1977). В типовом местонахождении Красная Горка в средней части чернокаменской свиты были собраны многочисленные и разнообразные остатки палеопасичнид. Их морфометрический анализ позволил выделить три морфологических типа: *Palaeopascichnus delicatus*, *Yelovichnus gracilis* и *Palaeopascichnus linearis*. Вместе с палеопасичнидами обнаружены также многочисленные слепки органов прикрепления и отпечатки концентрических микробиальных колоний, белтанелло-, рангее- и дикинсониеморфных организмов (Десяткин и др., 2021). По устному сообщению А.В. Колесникова (декабрь 2021 г.), среди терригенных пород чернокаменской свиты присутствует несколько прослоев вулканических туфов/пеплов, образцы которых были отобраны для выделения и датирования цирконов.

Микрофауна

Новых работ, посвященных исследованию микрофоссилий, за последние 20 лет или даже более, не опубликовано, как не проведено и ревизии

имеющихся в литературе материалов. В то же время очевидно, что “кочующая” из работы в работу (это хорошо видно при чтении Объяснительной записки к листу Госгеолкарты-1000/3 О-40 – Пермь) информация такого рода давно нуждается в кардинальном переосмыслении. Поясним сказанное несколькими примерами. Так, по данным (Водолазская и др., 2015), в бассейне р. Серебряная в породах танинской свиты определены микрофоссилии *Leiosphaeridia* sp. и *Bavlinella faveolata* Scher. Первый таксон является, по мнению Е.Ю. Голубковой (ИГГД РАН, г. Санкт-Петербург, февраль 2022 г., устное сообщение), транзитным, второй характерен для венда Восточно-Европейской платформы. Из отложений гаревской свиты там же описаны (Михайлова, Подковыров, 1992) *Leiosphaeridia holtedahlii* (Tim.) Jank. (интервал распространения – рифей), *Leiosphaeridia* sp. (транзитная форма), *Bavlinella faveolata* Scher. (верхний венд), *Symplastosphaeridium* sp. (транзитная).

Также в Объяснительной записке указано, что при поисковых работах на фосфориты в отвалах газопровода на водоразделе рек Белая и Черная (правые притоки р. Кусья) в желваках фосфоритов из бутонской свиты найдены микрофоссилии: *Obruchevella condensata* Lin., *O. magna* V. Gol. et M. Bel., *O. gigantea* V. Gol. et M. Bel. (коллекция Ф.А. Курбацкой, определения В.К. Головенка), отнесенные ими к нижнему венду. По устному сообщению Е.Ю. Голубковой (февраль 2022 г.), ревизия рода *Obruchevella* не проводилась, выделено много идентичных друг другу видов, что затрудняет диагностику и анализ вертикального распространения таксонов. Первый из приведенного списка таксон, скорее, транзитный, два других относятся к венду, поскольку таких крупных форм в рифее неизвестно. В песчаниках из нижней части керносской свиты со ссылкой на авторов Объяснительной записки к листу Госгеолкарты масштаба 1 : 200 000 лист О-40-V (Усть-Тылай) указано присутствие микрофоссилий *Protosphaeridium vermium* Tim., *P. densum* Tim., *Leiomuscula minuta* Naum., *Margominuscula rugosa* (Naum.), *Trachysphaeridium pusillum* Tim., распространенных в верхнем протерозое и нижнем кембрии. По мнению К.Е. Наговицина (ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск, февраль 2022 г., устное сообщение)¹⁴, все указанные формы действительно имеют широкое распространение, но перечисленные роды выведены в настоящее время

¹⁴ Близких представлений относительно приведенной в Объяснительной записке к листу Госгеолкарты-1000/3 О-40 – Пермь информации о микрофоссилиях в отложениях серебрянской и сывицкой серий, основываясь на анализе их списков, придерживаются также Е.Г. Раевская (АО “ВНИГРИ-Геологоразведка”, г. Санкт-Петербург, устное сообщение, февраль 2022 г.) и Н.Г. Воробьева (ГИН РАН, г. Москва, устное сообщение, февраль 2022 г.).

из употребления, так как являются младшими синонимами *Leiosphaeridia*. И это далеко не все.

Литогеохимические исследования

Литогеохимическими исследованиями отложения венда западного склона Среднего Урала охвачены достаточно полно. Для сыльвицкой серии эта информация приведена в монографии (Гражданкин и др., 2010), для серебрянской – в работе (Маслов и др., 2011б). Более поздние работы посвящены ряду интересных, но все же частных вопросов. Так, в публикации (Маслов, Подковыров, 2017) сделан вывод, что темноокрашенные глинистые сланцы бутонской свиты серебрянской серии, рассматривавшиеся ранее как образования, сформированные в бассейне с отчетливо выраженными бескислородными обстановками осадконакопления, имеют $Th/U_{cp} = 5.9 \pm 1.2$ и, скорее всего, таковыми не являются. Приведенные в указанной работе данные о распределении значений Th/U в глинистых породах валдайской, серебрянской, сыльвицкой, ашинской, каировской и шкаповской серий не противоречат представлениям о накоплении указанных осадочных образований в условиях доминирования окислительных обстановок в весьма мелководных седиментационных бассейнах, часть из которых, возможно, и не являлась собственно морскими.

В статье (Маслов, 2020а) рассмотрен ряд геохимических особенностей тонкозернистых обломочных пород различных региоюрсов венда западного склона Среднего Урала. Показано, что осадочные последовательности венда в основном сложены материалом, относящимся к категориям 1 (осадки крупных рек) и 2 (осадки рек, дренирующих осадочные образования). В другой работе, опубликованной в том же году, высказано предположение, что встречающиеся в разрезах венда Среднего Урала глинистые породы обычной окраски и красноцветные их разновидности по литогеохимическим характеристикам принципиально не отличаются друг от друга (Маслов, 2020б). При этом, как следует из анализа присущих им величин модулей Страхова и Бострема, а также положения фигуративных точек на диаграмме $(Y/No)_{PAAS} - (Ce/Ce^*)_{PAAS}$, они не содержат эксгальтивных компонентов. Источниками слагающего глинистые породы разной окраски материала являлись преимущественно породы кислого состава. Вулканические туфы сложены, напротив, материалом, близким по составу к таковому трахиандезитов, андезитов и трахиандезитобазальтов. Сравнительный анализ литогеохимических характеристик вулканических туфов, красноцветных и обычно окрашенных глинистых пород верхнего рифея и венда Среднего и Южного Урала можно найти также в публикации (Маслов, 2021).

Датирование обломочных цирконов

Из девяти литостратиграфических единиц венда Среднего Урала породы только двух охарактеризованы данными о U-Pb-изотопных возрастах присутствующих в них обломочных цирконов. U-Pb датирование обломочных цирконов из пород танинской и керносской свит серебрянской серии позволило установить, что в формировании их существенная роль принадлежала продуктам размыта средне- и позднепалеопротерозойских комплексов кристаллического фундамента Восточно-Европейской платформы (Маслов и др., 2011а). Обломочные цирконы в матриксе тиллитовидных конгломератов танинской свиты характеризуются двумя отчетливыми пиками на кривой плотности вероятности (≈ 2700 и 2000 млн лет) (Маслов и др., 2012). Минимальный $^{207}Pb/^{206}Pb$ -изотопный возраст обломочного циркона в исследованной выборке составляет 1897 ± 14 млн лет. На графике распределения $^{207}Pb/^{206}Pb$ возрастов цирконов, выделенных из песчаников керносской свиты, присутствуют один отчетливый пик (2100 – 2000 млн лет) и ряд небольших пиков в области значений >2500 и 1600 – 1200 млн лет. Доля обломочных цирконов с мезо- и неоархейскими и палеопротерозойскими возрастами составляет здесь $\approx 75\%$. Остальные кристаллы характеризуются мезопротерозойскими возрастами (1549 – 1508 , 1472 , 1465 , 1376 – 1340 , 1270 – 1242 , 1186 , 1115 и 1034 млн лет). $^{207}Pb/^{206}Pb$ -изотопный возраст ядра одного зерна составляет ≈ 1177 млн лет, а возраст его оболочки ≈ 892 млн (тоний/ранний неопротерозой Международной стратиграфической шкалы) (Маслов и др., 2012). Таким образом, в конце серебрянского времени в областях размыта присутствовали и комплексы пород мезопротерозойского возраста, однако точное положение их дискуссионно. К сожалению, по ряду причин эти работы не были продолжены, поэтому данных об изотопном возрасте обломочных цирконов каких-либо других свит венда Среднего Урала все еще нет.

Датирование цирконов вулканических туфов/пеплов

Цирконы вулканических туфов/пеплов широко используются в последние 25–30 лет для установления возраста осадочных последовательностей и событий криогения, эдиакария (Hoffmann et al., 2004; Condon et al., 2005; Knoll et al., 2006; Liu et al., 2009; Prave et al., 2016; Yang et al., 2017; Matthews et al., 2021; и др.) и ряда других систем. В 2002 г. в верхней части старопечнинской свиты в бассейне р. Сыльвица Д.В. Гражданкиным были обнаружены прослой вулканических туфов/пеплов. LA ICP-MS U-Pb-изотопное датирование выделенных из них

цирконов выполнено в Университете Флориды (США). Минимальный $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -изотопный возраст двух цирконов из исследованной популяции составил 561 ± 36 млн лет. Указанная датировка рассматривалась авторами публикации (Маслов и др., 2013) с учетом минералогических особенностей цирконов как наилучшая оценка возраста старопечнинской свиты.

В 2003 г. прослои вулканических туфов, приуроченных к интервалам шоколадно-коричневых аргиллитов, были встречены среди отложений старопечнинской и перевалокской свит, а также нижней подсвиты чернокаменной свиты в бассейне р. Усьва (урочище Вилуха). Определение возраста цирконов из туфов в основании чернокаменной свиты было сделано с помощью SHRIMP II в ЦИИ ВСЕГЕИ. Положение шести фигуративных точек в координатах $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ – $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (верхнее пересечение дискордии с конкордией) дает возраст 557 ± 13 млн лет, а два “перекрывающихся” эллипса позволяют, по представлениям Ю.Л. Ронкина с соавторами (2006), вычислить конкордантное значение 557 ± 10 млн лет.

В 2009 г. вулканические туфы были обнаружены также в перевалокской свите сыльвицкой серии в скале Крутая Гора (бассейн р. Усьва). Для цирконов из них в Университете Флориды получен U-Pb-изотопный возраст 567 ± 4 млн лет (Гражданкин и др., 2011).

В 2016 г. в одной из придорожных выемок автотрассы Чусовой–Соликамск Н.Б. Кузнецовым и его коллегами среди доломитистых песчаников (по всей видимости, усть-сылвицкой свиты) были обнаружены несколько прослоев голубовато-серых пластичных песчаных глин/вулканических/пепловых туфов (Кузнецов и др., 2017). Из них выделено 15 кристаллов циркона с минимальным количеством дефектов. Они датированы в центре GEMOC (Австралия). Семь из 15 кристаллов имели нарушенную U-Th-Pb-изотопную систему. Три зерна характеризовались значениями возраста от 1284 до 1476 млн лет, остальные (дискордантность <15%) составили компактный кластер со средним значением возраста 564 ± 4 млн лет. Hf-изотопные характеристики ($\epsilon_{\text{Hf}} = -3.49 \dots -4.81$, $T_{\text{DM}}^{\text{C}} = 1.67\text{--}1.75$ млрд лет) и геохимические особенности этих цирконов, указывающие, что материнскими для них являлись породы с содержанием SiO_2 70–75 мас. %, позволили авторам названной работы предположить, что рассматриваемые туфы связаны с внутриплитным магматизмом (источники цирконов могли располагаться в пределах Волынской крупной магматической провинции), тогда как традиционно они считаются продуктами эруптивной деятельности на территории прилегающих геосинклинальных областей Тимана и Урала (Аксенов, Иголкина, 1969; Вендская система..., 1985; и др.).

Датирование магматических и вулканических ассоциаций

В середине 1980-х гг. Троицкий массив западного склона Среднего Урала рассматривался как реперный объект для датирования нижней границы верхнего венда (620 ± 15 млн лет) (Семихатов и др., 1991). Позднее корректность валовых Rb-Sr датировок карбонатизированных граносиенитов была поставлена под сомнение (Семихатов, 2000). На основании *in situ* U-Pb (SHRIMP) датирования цирконов из указанного массива Ю.Л. Ронкину с соавторами (2007) удалось показать, что в его эволюции можно наметить два возрастных рубежа. Возраст 671 ± 24 млн лет был интерпретирован как наиболее вероятный для становления массива. Примерно в это же время происходило формирование “оболочек” ядер цирконов. U-Pb возраст последних составляет 801 ± 53 млн лет. Эти исследования позволили обосновать довендский возраст граносиенитов Троицкого массива, что согласуется с геологическими наблюдениями.

В 2011 г. автором этих строк и коллегами из ГИН РАН выполнено опробование нескольких потоков пиллоу-лав щелочных базальтов, залегающих в нижней части танинской свиты на правом берегу р. Усьва в 6 км западнее устья руч. Компасечный и в 2.5 км к северу от устья руч. Бол. Побойце. Выделенные из них цирконы датированы также в Университете Флориды. Наиболее молодой кластер из 13 фигуративных точек характеризуется конкордантным LA ICP-MS U-Pb-изотопным возрастом 598 ± 6 млн лет (Маслов и др., 2013). Эта датировка почти в точности соответствует возрасту границы рифея и венда (600 млн лет), принятому в Стратиграфическом кодексе России (2019) и в настоящее время. Однако правомерность ее в качестве таковой была подвергнута сомнению М.А. Семихатовым с соавторами (2015) (за неимением места мы не приводим здесь положенные в обоснование сказанного соображения). Позднее эти представления были сформулированы несколько по-иному еще раз: “Более молодой возраст имеет самая молодая популяция цирконов из щелочных базальтов танинской свиты, слагающей основание тиллито-вулканогенно-осадочной серебрянской серии на Среднем Урале (598 ± 6 млн лет...). Серебрянская свита традиционно рассматривалась как стратиграфический аналог нижнего венда... Однако на западной окраине Восточно-Европейской платформы мощный базальтовый покров (с возрастом 590–560 млн лет) перекрывает ледниковые отложения блоньской и глусской свит, слагающие лапландский горизонт. Вероятно, серебрянская серия представляет верхнюю часть лапландского горизонта и стратиграфически ближе к тиллитам Мортенсес и Гаскье. Различие в объеме вендских отложений на Южном и Среднем Урале объясняет-

ся сложным палеорельефом, возникшим на Приуральской окраине Восточно-Европейской платформы в раннем венде около 640 млн лет назад” (Зайцева и др., 2019, с. 93). По-видимому, точка в этой истории еще не поставлена.

В рассматриваемое нами время появилось также существенное число вендских датировок магматических и метаморфических комплексов западного склона Среднего Урала (Петров, 2015; см. также ссылки в этой работе). Так, для монцогаббро Кузьминского массива (по представлениям ряда авторов он прорывает керносскую свиту, а в конгломератах старопечнинской свиты есть гальки пород, похожих на слагающие его образования) Rb-Sr-изохронным методом получен возраст 608 ± 3 млн лет. Возраст трахибазальтов дворцевого комплекса, залегающего среди осадочных толщ керносской свиты (Водолазская и др., 2015), тем же методом определен как 559 ± 16 млн лет. U-Pb-изотопный возраст цирконов из метаморфизованных гранитов европейского комплекса, слагающих штоки и дайки среди метабазальтов и метаалевролитов колпаковской свиты (возраст колпаковской свиты в Объяснительной записке к листу О-40 – Пермь принят как верхний кембрий–средний ордовик в соответствии с легендой к уральской серии листов Госгеолкарты-1000/3 (Жданов, 2009)), варьирует от 581 ± 3 млн лет (метод Кобера) до 554 ± 4 млн лет (SHRIMP II). Дайка метаморфизованных гранитов, залегающая в северной части ареала распространения пород колпаковской свиты, содержит цирконы с возрастом 561 ± 8 млн лет (U-Pb метод, LA-ICP-MS). Возраст пород дунит-клинопироксенит-тылаитовой серии Конжаковского блока Кытлымского массива, установленный Sm-Nd-изохронным методом, составляет 551 ± 32 млн лет. Sm-Nd-изохронный возраст оливиновых габбро этого же массива равен 550 ± 25 млн лет. Оливиновые габбро Восточно-Княсьпинского массива имеют возраст (Sm-Nd изохрона) 542 ± 25 млн лет. Оливин-анортитовые габбро Кумбинского массива охарактеризованы Sm-Nd изохроной с возрастом 561 ± 28 млн лет. Гранатовые гнейсы белогорского комплекса в обрамлении Кытлымского массива имеют Sm-Nd-изохронный возраст 573 ± 46 млн лет, а амфиболиты – 574 ± 54 млн лет. Сказанное демонстрирует широкий спектр имевших место в венде на западном склоне Среднего Урала магматических и метаморфических событий, однако, к сожалению, для большинства из перечисленных объектов соотношения с осадочными последовательностями остаются неясными или в значительной степени дискуссионными.

Палеомагнитные исследования

Палеомагнитные исследования вендских отложений западного склона Среднего Урала в начале XXI в. были заметно менее масштабными, чем

те, что проводились на Южном Урале. В основном они затронули только чернокаменскую свиту (Федорова и др., 2014). Полученный для нее палеомагнитный полюс хорошо согласуется, по представлениям названных авторов, с полюсами осадочных пород венда Южного Урала и Юго-Восточного Беломорья. Не противоречит его положение и данным по вулканическим породам Южной Волыни. Все перечисленные объекты, расположенные внутри Восточно-Европейской платформы, в итоге образуют плотный кластер, для которого вычисленный средний полюс имеет координаты 25.5° с. ш. и 300.3° з. д. Считается, что указанный кластер “...из семи более или менее одновозрастных полюсов позволяет утверждать, что в конце венда Восточно-Европейская платформа находилась в приэкваториальных широтах Северного или Южного полушария” (Федорова и др., 2014, с. 77).

Исследования химического состава минералов тяжелой фракции

В отличие от вендских осадочных последовательностей западного склона Южного Урала подобных работ для западного склона Среднего Урала нам неизвестно, хотя, как показано в работе (Аблизин и др., 1982), на границе перевалокской и чернокаменской свит сылвицкой серии происходит резкое изменение состава минералов тяжелой фракции, а сам спектр таких минералов в породах серебрянской и сылвицкой серий весьма широк.

ВЫВОДЫ

Все сказанное позволяет сделать ряд выводов. В том, что касается “научного обобщения и интерпретации всех ранее полученных геологических, геофизических, геохимических и других материалов” у авторов Объяснительной записки к листу Госгеолкарты-1000/3 О-40 – Пермь получилось не все и не везде одинаково ровно, хотя параллельно на территории западного склона Среднего Урала широким фронтом были развернуты разнообразные тематические работы. Возможно, обобщение на 100% всей накопленной информации не являлось задачей авторов, но отметить кардинальные моменты (например, изотопный возраст цирконов из прослоев вулканических пеплов, присутствующих, по крайней мере, в трех свитах сылвицкой серии из четырех) им было вполне по силам. Хочется надеяться, что в будущем с развитием цифровых технологий у составителей подобных карт появится возможность создания общедоступных банков всей разнообразной геологической информации по той или иной территории, сопровождаемых краткими обзорами.

Понимание общего строения разрезов серебрянской и сылвицкой серий за почти 50 лет (или

даже более, если относить начало геолого-съемочных и геолого-поисковых работ к годам Великой Отечественной войны и работам на Среднем Урале Алмазной экспедиции ВСЕГЕИ, прошедших с первых публикаций Б.Д. Аблизина и его коллег) практически не претерпело существенных изменений. Пертурбации с койвинской свитой кардинально не меняют ситуацию. Первые попытки рассмотреть архитектуру осадочных последовательностей венда в рамках различных фациальных моделей и моделей эволюции осадочных бассейнов, сделанные в публикациях Н.М. Чумакова и автора этих строк, к сожалению, остались без какого-либо развития. Нет согласованных представлений у разных авторов и о принадлежности литостратиграфических единиц обеих серий к региональному ярусам венда Восточно-Европейской платформы. Следовательно, работы в этом направлении необходимо продолжить. Еще один важный и интересный вопрос касается того, к каким гляциальным эпизодам криогения (?) и эдиакария принадлежат три уровня тиллитовидных конгломератов западного склона Среднего Урала – только ли к ледниковому эпизоду Гаскье?

Исследования формационной природы отложений венда западного склона Среднего Урала, широко проводившиеся в последней четверти XX в., к концу столетия практически сошли на нет, как и большинство подобных работ по всей стране. В отсутствие очевидного запроса на них трудно ожидать возрождения такого рода исследований в ближайшем будущем.

Несомненно, интересной представляется точка зрения Г.А. Петрова о вендских магматических образованиях Кваркушко-Каменногорского антиклинория как продуктах косой коллизии. Если это действительно так, то снимается противоречие между геологическими данными о формировании в венде–раннем кембрии аккреционно-коллизионного орогена и внутриплитными геохимическими характеристиками магматических пород названного временного интервала. Однако для верификации этих представлений исследования магматических комплексов западного склона Среднего Урала, несомненно, должны быть продолжены.

Успехи в изучении макрофауны венда в первое десятилетие XXI в. превзошли все возможные ожидания. Итогом их стала монография (Гражданкин и др., 2010), предисловие к которой написал академик Б.С. Соколов. На созданной основе можно вести целенаправленные и предельно детальные исследования, что, по-видимому, в какой-то мере и происходит.

В области исследования микрофоссилий, несомненно, нужны новые скрупулезные работы, ревизия всех имеющихся списков и сохранившихся (?) авторских коллекций. То, что переходит из публикации в публикацию, может и подтвердить и опровер-

вергнуть любые представления о возрасте осадочных последовательностей венда Среднего Урала.

Литогеохимические исследования отложений венда западного склона Среднего Урала выполнены на сегодня, по всей видимости, практически в полном объеме (это утверждение справедливо, конечно, только в случае корректности использованной авторами аналитики).

Датирование обломочных цирконов, присутствующих в породах серебрянской и сыльвицкой серий, можно считать находящимся в самом начале. Данных об их изотопном возрасте, полученных для пород танинской и керносской свит, явно недостаточно для создания общей картины эволюции источников кластики в конце позднего докембрия. Однако даже имеющиеся материалы позволяют считать, что в конце серебрянского времени (т. е. до смены общего направления привноса кластики с западного на восточное на границе перевалокской и чернокаменной свит) в области сноса были и породы мезопротерозойского возраста. Эта информация крайне интересна и нуждается в верификации более представительными данными.

Необходимо продолжить и датирование цирконов вулканических туфов/пеплов, присутствующих на многих уровнях среди отложений сыльвицкой серии. Это же относится и к проблеме датирования разнообразных магматических и вулканических ассоциаций западного склона Среднего Урала.

Палеомагнитные исследования вряд ли в ближайшие годы будут так или иначе расширены. Реконструктивное изучение интервалов красочных пород венда западного склона Среднего Урала, проведенные в конце первого десятилетия XXI в., ощутимых результатов не дало. Видимо, для возобновления таких работ должно пройти еще 20–30 лет, если не появится какая-либо заслуживающая особенного внимания гипотеза, проверить которую нужно немедленно и можно только здесь.

Исследования химического состава минералов тяжелой фракции имеют больше перспектив на получение интересных результатов. Для этого сейчас есть почти все условия, тем более что дипломированные специалисты-минералоги выпускаются кафедрой минералогии, петрографии и геохимии Уральского государственного горного университета каждый год.

Благодарности

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аблизин Б.Д., Ключина М.Л., Курбацкая Ф.А., Курбацкий А.М. (1982) Верхний рифей и венд западного склона Среднего Урала. М.: Наука, 140 с.
- Аксенов Е.М. (1985) Венд Восточно-Европейской платформы. *Вендская система. Историко-геологическое и палеонтологическое обоснование. Т. 2. Стратиграфия и геологические процессы.* М.: Наука, 3-34.
- Аксенов Е.М., Иголкина И.С. (1969) О выделении редкинской свиты валдайской серии на севере Русской платформы. *Изв. вузов. Геол. и разведка*, (8), 22-25.
- Беккер Ю.Р. (1977) Первые палеонтологические находки в рифее Урала. *Изв. АН СССР. Сер. геол.*, (3), 90-100.
- Беккер Ю.Р. (1980) Новое местонахождение фауны эдиакарского типа на Урале. *Докл. АН СССР*, **254**(2), 480-482.
- Беккер Ю.Р. (1985) Metazoa из венда Урала. *Вендская система. Историко-геологическое и палеонтологическое обоснование. Т. 1. Палеонтология.* М.: Наука, 107-112.
- Беккер Ю.Р. (1988) Молассы докембрия. Л.: Недра, 288 с.
- Бобков Н.И. (2017) Экологический оптимум и толерантность организмов эдиакарского типа (на примере чернокаменской свиты верхнего венда Среднего Урала). *МНСК-2017: Геология.* Мат-лы 55-й Междунар. науч. студ. конф. Новосибирск: НГУ, 26.
- Варганов В.Г. (1998) Геологический возраст эдиакарской фауны из Австралии. *Палеогеография венда-раннего палеозоя (ПВРП-96).* Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 191-203.
- Вендская система. Историко-геологическое и палеонтологическое обоснование. (1985) (Отв. ред. Б.С. Соколов, М.А. Федонкин). Т. 2. Стратиграфия и геологические процессы. М.: Наука, 237 с.
- Водолазская В.П., Тетерин И.П., Кириллов В.А., Лукьянова Л.И., Петров Г.А., Стефановский В.В., Морозов Г.Г., Жданов А.В., Жиганов А.В., Стряпунина Е.В., Еськин А.Г., Петрова Т.А., Вербицкий И.В., Вербицкая Н.В. (2015) Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Сер. Уральская. Л. О-40 – Пермь. Объяснительная записка. СПб.: Картограф. фабрика ВСЕГЕИ, 497 с.
- Геологический словарь (2011). В 3 т. Изд. 3-е, перераб. и доп. (Гл. ред. О.В. Петров). СПб.: ВСЕГЕИ. Т. 2. К–П. 480 с.
- Гражданкин Д.В., Марусин В.В., Меерс Дж., Крупенин 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. <https://doi.org/10.15372/GiG20150406>
- Гражданкин Д.В., Маслов А.В., Крупенин М.Т., Ронкин Ю.Л. (2010) Осадочные системы сыльвицкой серии (верхний венд Среднего Урала). Екатеринбург: УрО РАН, 280 с.
- Гражданкин Д.В., Маслов А.В., Мاستилл Т.М.Р., Крупенин М.Т. (2005) Беломорская биота эдиакарского типа на Среднем Урале. *Докл. АН*, **401**(6), 784-788.
- Гражданкин Д.В., Наговицин К.Е., Маслов А.В. (2007) Миаохенская экологическая ассоциация позднего венда Восточно-Европейской платформы. *Докл. АН*, **417**(1), 73-78.
- Десяткин В.Д., Колесников А.В., Римский А.А., Сысоева А.О., Терехова В.А., Кузнецов Н.Б., Шацилло А.В., Латышева И.В., Романюк Т.В., Федонкин М.А. (2021) Палеопаспихниды из чернокаменской свиты верхнего венда Среднего Урала (Пермский край). *Докл. АН*, **499**(2), 138-143. <https://doi.org/10.31857/S2686739721080041>
- Жданов А.В. (2009) Легенда Уральской серии листов Госгеолкарты-1000/3 (актуализированная версия). СПб.: ВСЕГЕИ, 380 с.
- 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>
- Ибламинов Р.Г., Курбацкая Ф.А., Лебедев Г.В. (1996а) Металлогения рифея и венда западного склона Северного и Среднего Урала. *Геология и минерализация докембрия Северо-Востока Европейской платформы и Севера Урала.* Сыктывкар: Геопринт, 76-77.
- Ибламинов Р.Г., Курбацкая Ф.А., Лебедев Г.В. (1996б) Металлогения венда-раннего палеозоя западного склона Среднего и Северного Урала. *Палеогеография венда-раннего палеозоя (ПВРП-96).* Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 70-73.
- Иванцов А.Ю., Разумовский А.А., Закревская М.А. (2018) Макрофоссилии верхнего венда Восточной Европы. Средний и Южный Урал. М.: ПИН РАН, 190 с.
- Ибламинов Р.Г., Лебедев Г.В. (2001) Магматические ассоциации и формации западного склона Среднего и Северного Урала. *Вестн. Перм. гос. ун-та. Геология*, (3), 13-44.
- Ключина М.Л. (1963) К стратиграфии верхней части ашинской свиты Среднего Урала по данным литологического изучения. *Стратиграфия и фауна палеозоя Урала. Сборник по вопросам стратиграфии.* Вып. 7. Свердловск: УФАН СССР, 31-51.
- Ключина М.Л. (1982) Этапы осадконакопления докембрийской и раннепалеозойской истории Урала. *Стратиграфия и литология докембрийских и раннепалеозойских отложений Урала.* Свердловск: УНЦ АН СССР, 9-22.
- Ключина М.Л. (1991) Вендская система Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 60 с.
- Ключина М.Л., Курбацкая Ф.А. (1970) Состав и условия образования ашинской серии Среднего Урала. *Литология и полез. ископаемые*, (3), 74-86.
- Колесников А.В., Гражданкин Д.В., Маслов А.В. (2012) Арумбериоморфные текстуры в верхнем венде Урала. *Докл. АН*, **447**(1), 66-72.
- Коротков И.В., Гай В.В., Рыбьякова Н.М., Смирнов В.А., Баранов А.В., Пермяков В.И., Спешкова Т.Н., Маковой М.Ф., Александров И.А. (2013) Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Изд. 2-е. Сер. Пермская. Л. О-40-V (Усть-Тылай). Объяснительная записка. М.: МФ ВСЕГЕИ, 210 с.
- Краснобаев А.А., Козлов В.И., Пучков В.Н., Сергеева Н.Д., Бушарина С.В. (2012) Новые данные по цирконовой геохронологии аршинских вулканитов (Южный Урал). *Литосфера*, (4), 127-139.
- Кривошеев В.И., Поленов Ю.А. (2001) Бесскелетная фа-

- уна сыльвицкой серии Среднего Урала. *Эволюция жизни на Земле*. Мат-лы II Междунар. симп. Томск: Изд-во науч.-техн. лит., 148-150.
- Кузнецов Н.Б., Белоусова Е.А., Крупенин М.Т., Романюк Т.В., Маслов А.В. (2017) Результаты геохронологического и изотопно-геохимического изучения циркона из туфов сыльвицкой серии (западный склон Среднего Урала): к происхождению пепловых прослоев в вендских толщах Восточно-Европейской платформы. *Докл. АН*, **473**(3), 341-345.
- Курбацкая Ф.А. (1986) О строении и развитии зоны сочленения западного Урала и Восточно-Европейской платформы в позднем докембрии. *Докембрийские вулканогенно-осадочные комплексы Урала*. Свердловск: УНЦ РАН, 50-59.
- Курбацкая Ф.А. (1995) Магматизм, метаморфизм и металлогения ранневендского интракратонного рифта на Урале. *Магматизм и геодинамика*. Мат-лы I Всерос. петрограф. совещ., (1), Уфа: УНЦ РАН, 116-117.
- Курбацкая Ф.А. (2004) Поздневендская флишеидно-молассоидная формация Западного Урала. *Вестн. Перм. госун-та. Геология*, (3), 9-12.
- Маслов А.В. (2000) Некоторые особенности ранневендской седиментации на Южном и Среднем Урале. *Литология и полез. ископаемые*, (6), 624-639.
- Маслов А.В. (2020а) Категории водосборов-источников тонкой алюмосиликокластики для отложений серебрянской и сыльвицкой серий венда (Средний Урал). *Литосфера*, **20**(6), 751-770. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2020-20-6-751-770>
- Маслов А.В. (2020б) Литогеохимия глинистых пород и вулканических туфов в разрезах венда западного склона Среднего Урала: черты сходства и различия. *Вестн. Санкт-Петербургского ун-та. Науки о Земле*, **65**(3), 577-599. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2020.309>
- Маслов А.В. (2021) Вулканические туфы, красноцветные и обычно окрашенные глинистые породы в разрезах верхнего рифея и венда Среднего и Южного Урала: сравнение литогеохимических характеристик. *Литология и полез. ископаемые*, (2), 122-143. <https://doi.org/10.31857/S0024497X2102004X>
- Маслов А.В. (2022) Венд Южного Урала: обзор исследований начала XXI в. *Литосфера*, **22**(4), 409-431. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2022-22-4-409-431>
- Маслов А.В., Вовна Г.М., Киселев В.И., Крупенин М.Т., Ронкин Ю.Л. (2011а) Первые результаты U-Pb датирования обломочных цирконов из отложений серебрянской серии (верхний протерозой, Средний Урал). *Докл. АН*, **439**(3), 359-364.
- Маслов А.В., Вовна Г.М., Киселев В.И., Ронкин Ю.Л., Крупенин М.Т. (2012) U-Pb-систематика обломочных цирконов из отложений серебрянской серии Среднего Урала. *Литология и полез. ископаемые*, (2), 180-196.
- Маслов А.В., Гражданкин Д.В., Ронкин Ю.Л., Мизенс Г.А., Матуков Д.И., Крупенин М.Т., Петров Г.А., Корнилова А.Ю., Лепихина О.П., Попова О.Ю. (2006) Пепловые туфы в отложениях сыльвицкой серии верхнего венда (Кваркушско-Каменногорский мегантиклинорий, Средний Урал). *Литосфера*, (3), 45-70.
- Маслов А.В., Крупенин М.Т., Киселева Д.В. (2011б) Литогеохимия тонкозернистых алюмосиликокластических пород серебрянской серии венда Среднего Урала. *Геохимия*, (10), 1032-1062.
- Маслов А.В., Меерт Дж., Левашова Н.М., Ронкин Ю.Л., Гражданкин Д.В., Кузнецов Н.Б., Крупенин М.Т., Федорова Н.М., Ипатьева И.С. (2013) Новые данные о возрасте ледниковых отложений венда Среднего Урала. *Докл. АН*, **449**(3), 322-327.
- Маслов А.В., Подковыров В.Н. (2017) Вариации величины Th/U в глинистых породах венда северо-востока Восточно-Европейской платформы, Среднего и Южного Урала как отражение редокс-статуса бассейнов осадконакопления. *Литосфера*, **17**(6), 23-39. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2017-4-023-039>
- Методическое руководство по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000 (третье поколение) (2009). СПб.: ВСЕГЕИ, 288 с.
- Михайлова Н.С., Подковыров В.Н. (1992) Новые данные по органостенным микрофоссилиям верхнего докембрия Урала. *Изв. АН СССР. Сер. геол.*, (10), 11-123.
- Петров Г.А. (2013) Проявление тектонической обстановки скольжения плит в фанерозойской истории Среднего Урала: постановка проблем и некоторые направления исследования. *Тр. ИГГ УрО РАН*, вып. 160, 56-61.
- Петров Г.А. (2015) Кваркушско-Каменногорский антиклинорий – фрагмент позднепротерозойской рифтогенной континентальной окраины. *Тр. ИГГ УрО РАН*, вып. 162, 127-131.
- 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.
- Постникова И.Е. (1977) Верхний докембрий Русской плиты и его нефтеносность. М.: Недра, 222 с.
- Пучков В.Н. (2010) Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 280 с.
- Ронкин Ю.Л., Гражданкин Д.В., Маслов А.В., Мизенс Г.А., Матуков Д.И., Крупенин М.Т., Петров Г.А., Лепихина О.П., Корнилова А.Ю. (2006) U-Pb (SHRIMP II) возраст цирконов из пепловых туфов чернокаменной свиты сыльвицкой серии венда (Средний Урал). *Докл. АН*, **411**(3), 354-359.
- Ронкин Ю.Л., Маслов А.В., Петров Г.А., Матуков Д.И., Суслов С.Б., Синдерн С., Крамм У., Лепихина О.П. (2007) In situ U-Pb (SHRIMP) датирование цирконов граносиенитов Троицкого массива (Кваркушско-Каменногорский мегантиклинорий, Средний Урал). *Докл. АН*, **412**(1), 87-92.
- Семихатов М.А. (2000) Уточнение оценок изотопного возраста нижних границ верхнего рифея, венда, верхнего венда и кембрия. *Дополнения к стратиграфическому кодексу России*. СПб.: ВСЕГЕИ, 95-107.
- Семихатов М.А., Кузнецов А.Б., Чумаков Н.М. (2015) Изотопный возраст границ общих стратиграфических подразделений верхнего протерозоя (рифея и венда) России: эволюция взглядов и современная оценка. *Стратиграфия. Геол. корреляция*, **23**(6), 16-27.
- Семихатов М.А., Шуркин К.А., Аксенов Е.М., Беккер Ю.Р., Бибикина Е.В., Дук В.Л., Есипчук К.Е.,

- Карсаков Л.П., Киселев В.В., Козлов В.И., Лобач-Жученко С.Б., Негруца В.З., Робонен В.И., Сезько А.И., Филатова Л.И., Хоментовский В.В., Шемякин В.М., Шульдинер В.И. (1991) Новая стратиграфическая шкала докембрия СССР. *Изв. АН СССР. Сер. геол.*, (4), 3-13.
- Созонов Н.Г., Бобков Н.И. (2019а) Анализ пространственного распределения *Dickinsonia minima* из Среднего Урала. *МНСК-2019. Биология*. Мат-лы 57-й Междунар. науч. студ. конф. Новосибирск: НГУ, 32.
- Созонов Н.Г., Бобков Н.И. (2019б) Популяционная палеоэкология *Dickinsonia minima* Sprigg из верхнего венда Среднего Урала. *МНСК-2019. Геология*. Мат-лы 57-й Междунар. науч. студ. конф. Новосибирск: НГУ, 36.
- 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.) Изд. 3-е, испр. и доп. СПб.: ВСЕГЕИ, 96 с.
- Суслов С.Б., Зорин В.Н., Кинев А.Н., Рыжов А.А., Шевченко В.И., Фролова И.А., Манькова Т.В., Вахова Т.В. (2002) Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Изд. 2-е. Сер. Пермская. Л. О-40-XVII (Горнозаводск). Объяснительная записка. Пермь: Геокарта, 172 с.
- Федорова Н.М., Левашова Н.М., Меерт Дж.Дж. (Meert J.G.), Маслов А.В., Крупенин М.Т. (2014) Новые палеомагнитные данные для Восточно-Европейской платформы по верхневендским отложениям западного склона Среднего Урала. *Докл. АН*, **456**(1), 77-81. <https://doi.org/10.7868/S0869565214130179>
- Чумаков Н.М. (2004) Ледниковый и безледниковый климат в докембрии. *Климат в эпохи крупных биосферных перестроек*. (Гл. ред. Ю.Г. Леонов). М.: Наука, 259-270.
- Чумаков Н.М., Сергеев В.Н. (2004) Проблема климатической зональности в позднем докембрии. *Климат и биосферные события. Климат в эпохи крупных биосферных перестроек*. (Гл. ред. Ю.Г. Леонов). М.: Наука, 271-289.
- Condon D., Zhu M., Bowring S., Wang W., Yang A., Jin Y. (2005) U-Pb ages from the Neoproterozoic Doushantuo Formation, China. *Science*, **308**, 95-98. <https://doi.org/10.1126/science.1107765>
- Hoffmann K.-H., Condon D.J., Bowring S.A., Crowley J.L. (2004) A U-Pb zircon age from the Neoproterozoic Ghaub Formation, Namibia: Constraints on Marinoan glaciation. *Geology*, **32**, 817-820. <https://doi.org/10.1130/G20519.1>
- Knoll A.H., Walter M.R., Narbonne G.M., Christie-Blick N. (2006) The Ediacaran Period: a new addition to the geologic time scale. *Lethaia*, **39**, 13-30. <https://doi.org/10.1080/00241160500409223>
- Liu P., Yin C., Gao L., Tang F., Chen S. (2009) New material of microfossils from the Ediacaran Doushantuo Formation in the Zhangeunping area, Yichang, Hubei Province and its zircon SHRIMP U-Pb age. *Chin. Sci. Bull.*, **54**, 1058-1064. <https://doi.org/10.1007/s11434-008-0589-6>
- Matthews J.J., Liu A.G., Yang C., McIlroy D., Levell B., Condon D.J. (2021) A chronostratigraphic framework for the rise of the Ediacaran macrobiota: new constraints from Mistaken Point Ecological Reserve, Newfoundland. *GSA Bull.*, **133**(3-4), 612-624. <https://doi.org/10.1130/B35646.1>
- Mitchell E.G., Bobkov N., Bykova N., Dhungana A., Kolesnikov A.V., Hogarth I.R.P., Liu A.G., Mustill T.M.R., Sozonov N., Rogov V.I., Xiao S., Grazhdankin D.V. (2020) The influence of environmental setting on the community ecology of Ediacaran organisms. *Interface Focus*, **10**, 20190109. <http://doi.org/10.1098/rsfs.2019.0109>
- Prave A.R., Condon D.J., Hoffmann K.H., Tapster S., Fallick A.E. (2016) Duration and nature of the end-Cryogenian (Marinoan) glaciations. *Geology*, **44**(8), 631-634. <https://doi.org/10.1130/G38089.1>
- Sozonov N.G., Bobkov N.I., Mitchell E.G., Kolesnikov A.V., Grazhdankin D.V. (2019) The ecology of *Dickinsonia* on tidal flats. *Estudios Geológicos*, **75**(2), e116. <https://doi.org/10.3989/egol.43587.571>
- Yang C., Li X.H., Zhu M., Condon D.J. (2017) SIMS U-Pb zircon geochronological constraints on upper Ediacaran stratigraphic correlations, South China. *Geol. Mag.*, **154**, 1202-1216. <https://doi.org/10.1017/S0016756816001102>

REFERENCES

- Ablizin B.D., Klyuzhina M.L., Kurbatskaya F.A., Kurbatsky A.M. (1982) Upper Riphean and Vendian of the western slope of the Middle Urals. Moscow, Nauka Publ., 140 p. (In Russ.)
- Aksenov E.M. (1985) Vendian of the East European Platform. *Vendian system. Historical-geological and paleontological substantiation. V. 2. Stratigraphy and geological processes*. Moscow, Nauka Publ., 3-34. (In Russ.)
- Aksenov E.M., Igolkina I.S. (1969) About the identification of the Redkin Formation of the Valdai Series in the north of the Russian Platform. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Geol. i Razvedka*, (8), 22-25. (In Russ.)
- Becker Yu.R. (1977) First paleontological finds in the Riphean Urals. *Izv. AN SSSR. Ser. geol.*, (3), 90-100. (In Russ.)
- Becker Yu.R. (1980) A new locality of the Ediacaran fauna in the Urals. *Dokl. AN SSSR*, **254**(2), 480-482. (In Russ.)
- Becker Yu.R. (1985) Metazoa from the Vendian of the Urals. *Vendian system. Historical-geological and paleontological substantiation. V. 1. Paleontology*. Moscow, Nauka Publ., 107-112. (In Russ.)
- Becker Yu.R. (1988) Precambrian molasses. Leningrad, Nedra Publ., 288 p. (In Russ.)
- Bobkov N.I. (2017) Ecological optimum and tolerance of organisms of the Ediacaran type (on the example of the Chernyi Kamen Formation of the Upper Vendian of the Middle Urals). *MNSK-2017: Geolog. Materials of the 55th Int. sci. student. conf. Novosibirsk, NGU*, 26. (In Russ.)
- Chumakov N.M. (2004) Glacial and non-glacial climate in the Precambrian. *Climate in the of epochs of major biospheric transformations*. (Ed. Yu.G. Leonov). Moscow, Nauka Publ., 259-270. (In Russ.)
- Chumakov N.M., Sergeev V.N. (2004) The problem of climatic zoning in the Late Precambrian. *Climate and biospheric events. Climate in the of epochs of major biospheric transformations*. (Ed. Yu.G. Leonov). Moscow, Nauka Publ., 271-289. (In Russ.)
- Condon D., Zhu M., Bowring S., Wang W., Yang A., Jin Y. (2005) U-Pb ages from the Neoproterozoic Doushan-

- tuo Formation, China. *Science*, **308**, 95-98. <https://doi.org/10.1126/science.1107765>
- Desyatkin V.D., Kolesnikov A.V., Rimsky A.A., Sysoeva A.O., Terekhova V.A., Kuznetsov N.B., Shazillo A.V., Latysheva I.V., Romanyuk T.V., Fedonkin M.A. (2021) Palaeopascichnids from the Upper Vendian Chernyi Kamen Formation of the Middle Urals (Perm region). *Dokl. Earth Sci.*, **499**(2), 643-647 (translated from *Dokl. RAN.*, **499**(2), 138-143). <https://doi.org/10.1134/S1028334X21080043>
- Fedorova N.M., Levashova N.M., Meert J.G., Maslov A.V., Krupenin M.T. (2014) New paleomagnetic data on Baltica based on Upper Ediacaran deposits on the western slope of the Middle Urals. *Dokl. Earth Sci.*, **456**(1), 512-516 (translated from *Dokl. Akad. Nauk*, **456**(1), 77-81). <https://doi.org/10.1134/S1028334X14050134>
- Geological Dictionary. (2011) In 3 volumes. Ed. by O.V. Petrov. St.Petersburg, VSEGEI. V. 2. K–P, 480 p. (In Russ.)
- Grazhdankin D.V., Marusin V.V., Meert J., Krupenin M.T., Maslov A.V. (2011) Kotlin regional stage in the South Urals. *Dokl. Earth Sci.*, **440**(1), 1222-1226 (translated from *Dokl. Akad. 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 *Geol. Geofiz.*, **56**(4), 703-717). <http://doi.org/10.1016/j.rgg.2015.03.007>
- Grazhdankin D.V., Maslov A.V., Krupenin M.T., Ronkin Yu.L. (2010) Sedimentary systems of the Sylvisa Series (Upper Vendian of the Middle Urals). Ekaterinburg, UB RAS, 280 p. (In Russ.)
- Grazhdankin D.V., Maslov A.V., Mastill T.M.R., Krupenin M.T. (2005) The Ediacaran White Sea biota in the Central Ural. *Dokl. Earth Sci.*, **401**(3), 382-385 (translated from *Dokl. Akad. Nauk*, **401**(6), 784-788).
- Grazhdankin D.V., Nagovitsin K.E., Maslov A.V. (2007) Late Vendian Miaohé-type ecological assemblage of the East European platform. *Dokl. Earth Sci.*, **417**(1), 1183-1187 (translated from *Dokl. AN.*, **417**(1), 73-78). <https://doi.org/10.1134/S1028334X07080107>
- 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.)
- Hoffmann K.-H., Condon D.J., Bowring S.A., Crowley J.L. (2004) A U-Pb zircon age from the Neoproterozoic Ghaub Formation, Namibia: Constraints on Marinoan glaciation. *Geology*, **32**, 817-820. <https://doi.org/10.1130/G20519.1>
- Iblaminov R.G., Kurbatskaya F.A., Lebedev G.V. (1996a) Riphean and Vendian metallogeny of the western slope of the Northern and Middle Urals. *Geology and mineralogy of the Precambrian of the northeast of the European Platform and the north of the Urals*. Syktyvkar, Geoprint Publ., 76-77. (In Russ.)
- Iblaminov R.G., Kurbatskaya F.A., Lebedev G.V. (1996b) Vendian-Early Paleozoic metallogeny of the western slope of the Middle and Northern Urals. *Paleogeography of the Vendian–Early Paleozoic (PVRP-96)*. Ekaterinburg, IGG UB RAS, 70-73. (In Russ.)
- Iblaminov R.G., Lebedev G.V. (2001) Igneous associations and formations of the western slope of the Middle and Northern Urals. *Vestn. Perm. Gos. Un-ta. Geologiya*, (3), 13-44. (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.)
- Klyuzhina M.L. (1963) On the stratigraphy of the upper part of the Asha Formation of the Middle Urals according to lithological data. *Stratigraphy and fauna of the Paleozoic of the Urals*. Collection on questions of stratigraphy. Iss. 7. Sverdlovsk, UFAN USSR, 31-51. (In Russ.)
- Klyuzhina M.L. (1982) Stages of sedimentation in the Precambrian and Early Paleozoic history of the Urals. *Stratigraphy and lithology of the Precambrian and Early Paleozoic deposits of the Urals*. Sverdlovsk, USC AN USSR, 9-22. (In Russ.)
- Klyuzhina M.L. (1991) Vendian system of the Urals. Sverdlovsk, UrO AN SSSR, 60 p. (In Russ.)
- Klyuzhina M.L., Kurbatskaya F.A. (1970) Composition and formation conditions of the Asha Series in the Middle Urals. *Litol. Polezn. Iskop.* (3), 74-86. (In Russ.)
- Knoll A.H., Walter M.R., Narbonne G.M., Christie-Blick N. (2006) The Ediacaran Period: a new addition to the geologic time scale. *Lethaia*, **39**, 13-30. <https://doi.org/10.1080/00241160500409223>
- 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 *Dokl. Akad. Nauk*, **447**(1), 66-72). <https://doi.org/10.1134/S1028334X12110013>
- Korotkov I.V., Gai V.V., Ryb'yakova N.M., Smirnov V.A., Baranov A.V., Permyakov V.I., Speshkova T.N., Makeyev M.F., Alexandrov I.A. (2013) State Geological Map of the Russian Federation, scale 1 : 200 000. Second ed. Perm series. Sheet O-40-V (Ust'-Tylai). Explanatory letter. Moscow, VSEGEI Publ., 210 p. (In Russ.)
- Krasnobayev 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.)
- Krivosheev V.I., Polenov Yu.A. (2001) Non-skeletal fauna of the Sylvisky series of the Middle Urals. *The evolution of life on earth*. Materials II Int. symposium. Tomsk, Nauch.-tekhn. lit., Publ., 148-150. (In Russ.)
- Kurbatskaya F.A. (1986) On the structure and development of the junction zone of the Western Urals and the East European Platform in the Late Precambrian. *Precambrian volcanogenic-sedimentary complexes of the Urals*. Sverdlovsk, USC RAS, 50-59. (In Russ.)
- Kurbatskaya F.A. (1995) Magmatism, metamorphism and metallogeny of the Early Vendian intracratonic rift in the Urals. *Magmatism and geodynamics*. Materials of the 1st All-Russ. petrographer. meeting, (1). Ufa, USC RAS, 116-117. (In Russ.)
- Kurbatskaya F.A. (2004) Late Vendian flyschoid-molassoid formation of the Western Urals. *Vestn. Perm. Gos. Un-ta. Geologiya*, (3), 9-12. (In Russ.)
- Kuznetsov N.B., Belousova E.A., Krupenin M.T., Romanyuk T.V., Maslov A.V. (2017) The results of geochronological and isotope-geochemical study of zircons from tuff of the Sylviska Group (Western slope of the Middle Urals): the origin of ash layers in Vendian rocks of the East European Platform. *Dokl. Earth Sci.*, **473**(1), 359-362 (translated from *Dokl. AN.*, **473**(3), 341-345).

- <https://doi.org/10.1134/S1028334X17030254>
- Liu P., Yin C., Gao L., Tang F., Chen S. (2009) New material of microfossils from the Ediacaran Doushantuo Formation in the Zhangcunping area, Yichang, Hubei Province and its zircon SHRIMP U-Pb age. *Chin. Sci. Bull.*, **54**, 1058-1064. <https://doi.org/10.1007/s11434-008-0589-6>
- Maslov A.V. (2000) Some Specific Features of Early Vendian Sedimentation in the Southern and Middle Urals. *Lithol. Miner. Resour.*, **35**(6), 556-570 (translated from *Litol. Polezn. Iskop.*, (6), 624-639).
- Maslov A.V. (2020a) Categories of Vendian catchments – sources of fine-grained aluminosiliciclastic materials for the Serebryanka and Sylvitsa group deposits (Middle Urals). *Lithosphere (Russia)*, **20**(6), 751-770. (In Russ.) <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2020-20-6-751-770>
- Maslov A.V. (2020b) Lithogeochemistry of clayey rocks and volcanic tuffs in the Vendian succession of the western slope of the Middle Urals: Similarities and differences. *Vestn. SPB Un-ta. Nauki o Zemle*, **65**(3), 576-599. (In Russ.) <https://doi.org/10.21638/spbu07.2020.309>
- Maslov A.V. (2021) Volcanic Tuffs, Red- and Usual-Colored Clayey Rocks in Upper Riphean–Vendian Deposits in the Middle and Southern Urals: Comparison of Lithochemical Characteristics. *Lithol. Miner. Resour.*, **56**(2), 132-151 (translated from *Litol. Polezn. Iskop.*, (2), 122-143). <https://doi.org/10.1134/S0024490221020048>
- 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>
- Maslov A.V., Grahdankin D.V., Ronkin Yu.L., Mizens G.A., Matukov D.I., Krupenin M.T., Petrov G.A., Kornilova A.Yu., Presnyakov S.L., Lepikhina O.P., Popova O.Yu. (2006) Ash tuffs from Upper Vendian Sylvitsa Group deposits (Kvarkush-Kamennogorsk Meganticlinorium, Middle Urals). *Lithosphere (Russia)*, (3), 45-70. (In Russ.)
- Maslov A.V., Krupenin M.T., Kiseleva D.V. (2011b) Lithogeochemistry of the Fine-Grained Siliciclastic Rocks of the Vendian Serebryanka Group of the Central Urals. *Geochemistry Int.*, **49**(10), 974-1001 (translated from *Geokhimiya*, (10), 1032-1062). <https://doi.org/10.1134/S0016702911080040>
- Maslov A.V., Meert J., Levashova N.M., Ronkin Yu.L., Grahdankin D.V., Kuznetsov N.B., Krupenin M.T., Fedorova N.M., Ipatieva I.S. (2013) New constraints for the age of Vendian glacial deposits (Central Urals). *Dokl. Earth Sci.*, **449**(1), 303-308 (translated from *Dokl. Akad. Nauk*, **449**(3), 322-327). <https://doi.org/10.1134/S1028334X13030203>
- Maslov A.V., Podkovyrov V.N. (2017) Variations of Th/U values in Vendian clayey rocks of north-east European Platform and Middle and Southern Urals as reflection redox status of sedimentary basins. *Lithosphere (Russia)*, **17**(6), 23-39. (In Russ.) <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2017-4-023-039>
- Maslov A.V., Vovna G.M., Kiselev V.I., Krupenin M.T., Ronkin Yu.L. (2011a) First U-Pb Dates for Detrital Zircons from Deposits of Serebryanka Group (Upper Proterozoic, Middle Urals). *Dokl. Earth Sci.*, **439**(1), 933-938 (translated from *Dokl. Akad. Nauk*, **439**(3), 359-364). <https://doi.org/10.1134/S1028334X11070257>
- Maslov A.V., Vovna G.M., Kiselev V.I., Ronkin Yu.L., Krupenin M.T. (2012) U–Pb Systematics of Detrital Zircons from the Serebryanka Group of the Central Urals. *Lithol. Miner. Resour.*, **47**(2), 160-176 (translated from *Litol. Polezn. Iskop.*, (2), 180-196). <https://doi.org/10.1134/S0024490212020046>
- Matthews J.J., Liu A.G., Yang C., McIlroy D., Levell B., Condon D.J. (2021) A chronostratigraphic framework for the rise of the Ediacaran macrobiota: new constraints from Mistaken Point Ecological Reserve, Newfoundland. *GSA Bull.*, **133**(3-4), 612-624. <https://doi.org/10.1130/B35646.1>
- Mikhailova N.S., Podkovyrov V.N. (1992) New data on organ-walled microfossils of the Upper Precambrian of the Urals. *Izv. AN SSSR. Ser. geol.*, (10), 11-123. (In Russ.)
- Mitchell E.G., Bobkov N., Bykova N., Dhungana A., Kolesnikov A.V., Hogarth I.R.P., Liu A.G., Mustill T.M.R., Sozonov N., Rogov V.I., Xiao S., Grahdankin D.V. (2020) The influence of environmental setting on the community ecology of Ediacaran organisms. *Interface Focus*, **10**, 20190109. <http://doi.org/10.1098/rsfs.2019.0109>
- Petrov G.A. (2013) Manifestation of the tectonic setting of plate sliding in the Phanerozoic history of the Middle Urals: problem statement and some areas of research. *Tr. IGG UrO RAN*, vyp. 160, 56-61. (In Russ.)
- Petrov G.A. (2015) The Kvarkush-Kamenogorsk anticlinorium is a fragment of the Late Proterozoic riftogenic continental margin. *Tr. IGG UrO RAN*, vyp., 162. 127-131. (In Russ.)
- Petrov O.V., Zubova T.N., Verbitskii V.R. (2016) State Geological Map of the Russian Federation, scale 1 : 1 000 000. *Region. Geol. Metallogeniya*, (67), 19-33. (In Russ.)
- Postnikova I.E. (1977) Upper Precambrian of the Russian Plate and its oil content. Moscow, Nedra Publ., 222 p. (In Russ.)
- Prave A.R., Condon D.J., Hoffmann K.H., Tapster S., Fallick A.E. (2016) Duration and nature of the end-Cryogenian (Marinoan) glaciations. *Geology*, **44**(8), 631-634. <https://doi.org/10.1130/G38089.1>
- 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.)
- Ronkin Yu.L., Grahdankin D.V., Maslov A.V., Mizens G.A., Matukov D.I., Krupenin M.T., Petrov G.A., Lepikhina O.P., Kornilova A.Yu. (2006) U-Pb (SHRIMP II) age of zircons from ash tuffs of the Upper Vendian Chernyi Kamen Formation (Sylvitsa Group, Middle Urals). *Dokl. Akad. Nauk*, **411**(3), 354-359. (In Russ.)
- Ronkin Y.L., Maslov A.V., Petrov G.A., Matukov D.I., Sulslov S.B., Sindern S., Kramm U., Lepikhina O.P. (2007) In situ U-Pb (SHRIMP) dating of zircons from granosyenite of the Troitsk pluton, Kvarkush-Kamennogorsk anticlinorium, Central Urals. *Dokl. Akad. Nauk*, **412**(1), 11-16. (In Russ.)
- Semikhatov M.A. (2000) Refinement of isotopic age estimates for the lower boundaries of the Upper Riphean, Vendian, Upper Vendian, and Cambrian. Additions to the Stratigraphic Code of Russia. St.Petersburg, VSEGEI Publ., 95-107. (In Russ.)
- Semikhatov M.A., Kuznetsov A.B., Chumakov N.M. (2015) Isotope age of boundaries between the general stratigraphic subdivisions of the Upper Proterozoic (Riphean and Vendian) in Russia: the evolution of opinions and the

- current estimate. *Stratigr. Geol. Correl.*, **23**(6), 568-579 (translated from *Stratigr. Geol. Korrel.*, **23**(6), 16-27). <https://doi.org/10.1134/S0869593815060088>
- Semikhatov M.A., Shurkin K.A., Aksenov E.M., Bekker Yu.R., Bibikova E.V., Duk V.L., Esipchuk K.E., Karsakov L.P., Kiselev V.V., Kozlov V.I., Lobach-Zhuchenko S.B., Negrutsa V.Z., Robonen V.I., Sezko A.I., Filatova L.I., Khomentovsky V.V., Shemyakin V.M., Shuldiner V.I. (1991) New stratigraphic scale of the Precambrian of the USSR. *Izv. AN USSR. Ser. geol.*, (4), 3-13. (In Russ.)
- 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.)
- Sozonov N.G., Bobkov N.I. (2019a) Analysis of the spatial distribution of *Dickinsonia minima* from the Middle Urals. *MNSK-2019. Biology. Materials of the 57th Int. sci. student conf.* Novosibirsk, NGU, 32. (In Russ.)
- Sozonov N.G., Bobkov N.I. (2019b) Population paleoecology of *Dickinsonia minima* Sprigg from the Upper Vendian of the Middle Urals. *MNSK-2019. Geology. Materials of the 57th Int. sci. student conf.* Novosibirsk, NSU, 36. (In Russ.)
- Sozonov N.G., Bobkov N.I., Mitchell E.G., Kolesnikov A.V., Grazhdankin D.V. (2019) The ecology of *Dickinsonia* on tidal flats. *Estudios Geológicos*, **75**(2), e116. <https://doi.org/10.3989/egeol.43587.571>
- Stratigraphic Code of Russia. (2019) (Ed. A.I. Zhamoïda et al.). 3d ed., corrected and supplemented. St.Petersburg, VSEGEI Publ., 96 p. (In Russ.)
- Suslov S.B., Zorin V.N., Kinev A.N., Ryzhov A.A., Shevchenko V.I., Frolova I.A., Mankova T.V., Vakho-
va T.V. (2002) State geological map of the Russian Federation, scale 1 : 200 000. Second ed. Perm series. Sheet O-40-XVII (Gornozavodsk). Explanatory note. Perm, Geokarta Publ., 172 p. (In Russ.)
- Varganov V.G. (1998) Geological age of the Ediacaran fauna from Australia. Paleogeography of the Vendian–Early Paleozoic (PVRP-96). Ekaterinburg, IGG UrB RAS, 191-203. (In Russ.)
- Vendian system. Historical-geological and paleontological substantiation. (1985) (Ed. B.S. Sokolov, M.A. Fedonkin). V. 2. Stratigraphy and geological processes. Moscow, Nauka Publ., 237 p. (In Russ.)
- Vodolazskaya V.P., Teterin I.P., Kirillov V.A., Luk'yanova L.I., Petrov G.A., Stefanovskii V.V., Morozov G.G., Zhdanov A.V., Zhiganov A.V., Stryapunina E.V., Eskin A.G., Petrova T.A., Verbitskii I.V., Verbitskaya N.V. (2015) State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1 : 1 000 000 (third generation). Ural series. Sheet O-40 – Perm. Explanatory note. St.Petersburg, VSEGEI Publ., 497 p. (In Russ.)
- Yang C., Li X.H., Zhu M., Condon D.J. (2017) SIMS U-Pb zircon geochronological constraints on upper Ediacaran stratigraphic correlations, South China. *Geol. Mag.*, **154**, 1202-1216. <https://doi.org/10.1017/S0016756816001102>
- 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 Gosgeol'karta-1000/3 (updated version). St.Petersburg, VSEGEI Publ., 380 p. (In Russ.)