

Научная статья

УДК 001.8:551.7+56.016.3+549.514.81



КРИТЕРИИ НАДЕЖНОСТИ ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ДАТИРОВОК (ДАТИРОВКИ ДЕЛЯТСЯ НА РЕПЕРНЫЕ, ДОСТОВЕРНЫЕ, ВЕРОЯТНЫЕ, ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ И НЕДОСТОВЕРНЫЕ)

К. С. Иванов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и геохимии
им. академика А. Н. Заварицкого Уральского отделения РАН (ИГГ УрО РАН),
г. Екатеринбург, Россия, ivanovks55@yandex.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-8292-4658>

Стратиграфо-палеонтологические исследования и изотопная геохронология являются ключевыми инструментами для понимания геологической истории Земли и её отдельных регионов, а также для расшифровки геологического строения конкретных районов. Обсуждается надёжность палеонтологических и радиологических датировок, особенно для целей геологического картирования. По надёжности и геологической значимости предлагается разделить все датировки (и радиологические, и палеонтологические) на пять категорий: реперные (Р), достоверные (Д), вероятные (В), ориентировочные (О) и недостоверные (Н). Обсуждаются критерии отнесения датировок к этим категориям и приводятся примеры из истории изучения конодонтов и геохронологии на Урале. Отмечается большая роль доктора геол.-минерал. наук В. А. Маслова и некоторых других ученых в исследованиях стратиграфии Урала.

Ключевые слова: стратиграфия, геохронология, геологическое картирование, конодонты, цирконы, палеозой, надёжность датировок, доктор геол.-минерал. наук В. А. Маслов

Благодарности: Работа выполнена в рамках Государственного задания ИГГ УрО РАН, тема № 123011800014–3. Автор благодарит рецензентов, знаменитых уральских геологов О. В. Артюшкову и Т. Н. Сурина, за замечания, позволившие улучшить качество этой статьи.

Original article

CRITERIA FOR THE RELIABILITY OF PALEONTOLOGICAL AND GEOLOGICAL DATING (DATING CAN BE REFERENCE, RELIABLE, PROBABLE, APPROXIMATE, AND UNRELIABLE)

K. S. Ivanov

Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
(IGG UB RAS), Yekaterinburg, Russia, ivanovks55@yandex.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-8292-4658>

Stratigraphic-paleontological studies and absolute geochronology are key tools for understanding the history of the Earth and its individual regions, as well as for deciphering the geological structure of

Для цитирования: Иванов К. С. Критерии надёжности палеонтологических и геохронологических датировок (датировки делятся на реперные, достоверные, вероятные, ориентировочные и недостоверные) // Геологический вестник. 2026. № 2. С. 135–150. <https://doi.org/10.31084/2619-0087/2026-2-10>

For citation: Ivanov K. S. (2026) Criteria for the Reliability of Paleontological and Geological Dating (Dating Can Be Reference, Reliable, Probable, Approximate, and Unreliable). *Geologicheskii vestnik*. 2026. No. 2. P. 135–150. <https://doi.org/10.31084/2619-0087/2026-2-10>

© К. С. Иванов, 2026

specific areas. The reliability of paleontological and radiological dating is discussed, especially for the purposes of geological mapping. Based on reliability and geological significance, all dates (both radiological and paleontological) are divided into five categories: reference (R), reliable (N), probable (P), approximate (A), and unreliable (U). The criteria for assigning dates to these categories are discussed and examples from the history of the study of conodonts and geochronology in the Urals are given. The great role of Dr. V. A. Maslov and some other scientists in the stratigraphy studies of the Urals is noted.

Keywords: stratigraphy, geochronology, geological mapping, conodonts, zircons, Paleozoic, reliability of dating, Doctor of Geological Sciences V. A. Maslov

Acknowledgements: The work was carried out as part of the State Assignment of the Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, topic No. 123011800014–3. The author thanks the reviewers, renowned Ural geologists O. V. Artyushkova and T. N. Surin, for their comments, which improved the quality of this article.

Посвящается памяти доктора
геол.-минерал. наук
Виктора Алексеевича Маслова

Введение

В настоящее время уже достаточно давно проходит государственное геологическое доизучение территорий России масштаба 1:1 000 000 и 1:200 000. Поскольку при этом денег на геолого-поисковые, геофизические и буровые работы, к сожалению, практически почти не выделяется (в отличие, например, от КНР), то, как правило, главным, а зачастую и единственным итогом таких работ становится (в отличие от КНР, где прибавляется число месторождений) обобщение в цифровом виде результатов предшественников (включая геологические карты указанных масштабов)¹.

Как известно, возраст геологических формаций, процессов и событий является одним из важнейших критериев в геологии, включая геологическое картирование. А стратиграфо-палеонтологические исследования и изотопная геохронология являются ключевыми инструментами для понимания истории Земли и её отдельных регио-

нов, выяснения последовательности геологических, тектонических, осадочных, биологических и других событий и процессов (включая рудообразование), а также для расшифровки геологического строения конкретных районов. Очевидно, что перевод больших массивов геологической информации в цифровую форму назрел, необходим и пр., но в целом понятно, что тут очень многое зависит от качества и надежности исходных данных, поскольку что в компьютер заложишь, то оттуда потом и извлечешь. В этой статье попробуем обсудить проблему надежности палеонтологических и радиологических датировок (особенно для целей геологического картирования), которые хотя и принципиально разные по их физической сути, но в отношении определения критериев их надежности, все же имеют очень много сходного.

Палеонтологические датировки

Расшифровка геологического строения и истории развития сложно построенных складчатых поясов, таких как Урал, Тянь-Шань и др., невозможна без надежной стратиграфической основы. В свою очередь и изучение здесь стратиграфии, если оно проводится без должного учета тектоники, неизбежно приводит к неоднозначным и/или лож-

¹ Уважаемая Галина Николаевна!

Вы, как геолог-съёмщик, прокомментируйте пожалуйста эту вводную часть моей статьи. С наилучшими пожеланиями, К. С. Иванов
Кому: Kirill Ivanov (ivanovks55@ya.ru), Галина Бороздина (bgalinaenator@gmail.com);

Добрый день, Кирилл Святославич! В настоящее время деньги на региональные работы Федеральным агентством по недропользованию выделяются Институту Карпинского (быв. ВСЕГЕИ) и они, забрав себе часть денег на эти работы как методическое сопровождение, заключают контракты. На Урале ни миллионков, ни двухсоток практически не осталось. Конечно, анализируются все материалы по доизучаемым площадям. Где имеются стратиграфические проблемы обязательно в рамках этих работ производится отбор фауны. Но тут возникла большая проблема — увы, уже некому определять вновь собранную макрофауну нижнего палеозоя. Понятно, что по Уралу оставалась практически последняя возможность уточнения возраста по фауне — это конодонты. А сейчас и их выделять негде. Я это часто делала прямо в поле. Так что с угасанием на Урале геолого-съёмочных работ всякого масштаба, угасли и палеонтологические работы. С 1990 г. новых Унифицированных стратиграфических схем по Уралу нет, хотя и накопилось много нового материала с тех пор. И вряд ли новые схемы появятся. Вот такое положение дел.

С уважением, Галина Н. Бороздина, канд. геол.-минерал. наук, палеонтолог, геолог-съёмщик

Насколько это письмо можно цитировать в статье? КИ — В полной мере. ГНБ

ным выводам. Вопросы стратиграфии и корреляции вулканогенных и вулканогенно-осадочных комплексов традиционно относятся к труднейшим в геологии. Еще сравнительно недавно находок ортостратиграфической фауны было среди таких толщ, как правило, крайне мало. При этом такие находки достаточно часто ранее делались в «экзотических», фациально чуждых для вулканогенных разрезов осадочных породах, таких, например, как рифогенные известняки. Последние могут быть древнее, моложе и одновозрастны окружающим вулканогенным свитам, что далеко не всегда учитывается. Положение сильно изменилось к лучшему после того, как в начале 1980 гг. было установлено широкое распространение конодонтов в прослоях яшм среди вулканогенных толщ². В. А. Масловым работы возглавлявшейся им лаборатории стратиграфии палеозоя Института геологии г. Уфы были переориентированы на исследования конодонтов, преимущественно в вулканогенных рудоносных толщах Южного Урала. Причем организованы они были методически правильно и с большим объемом полевых исследований (рис. 1). И В. А. Масловым, и О. В. Артюшковой с коллегами исследования конодонтов проводились, как правило, в первую очередь на тех листах, где шло государственное геологическое картирование, что позволило очень эффективно проводить это изучение во взаимопольном сотрудничестве с геологами-производственниками. Результаты нескольких десятилетий напряженной работы сотрудников лаборатории стратиграфии палеозоя весьма впечатляющие [Артюшкова, 2014; Артюшкова, Маслов, 1998; Артюшкова и др., 2015; Артюшкова, Якупов, 2021; Маслов, Артюшкова, 2000, 2002, 2010; Кулагина и др., 2013; Маслов и др., 1984, 1987а, 1987б, 1993, 1998; Прокин и др., 1992; Стратиграфические...1993 и мн. др.]. Всего Виктор Алексеевич Маслов является автором и соавтором примерно 1000 новых точек с конодонтами в вулканогенных и вулканогенно-осадочных толщах Южного Урала. И это огромное количество (в среднем на одну новую точку с конодонтами уходит примерно 1 полевой день, хотя есть и трудные и важные точки, потребовавшие 30–40 и более человеко-дней). Например, вы-

дающимся исследователем геологии и стратиграфии Южного Урала, доктором геол.-минерал. наук В. Г. Кориневским (о нём — см., например, [Иванов, 2021б]) было найдено более 100 новых точек с конодонтами [Кориневский, 1989 и др.]. Кандидат геол.-минерал. наук А. В. Рязанцев (ГИН РАН), вклад которого в исследования геологии Урала и Казахстана трудно переоценить (см., например, [Иванов, 2021в]), является автором примерно 300 точек с конодонтами [Рязанцев и др., 2008 и мн. др.]. А примерно столько же новых находок, сколько у В. А. Маслова, есть на Урале лишь у еще 4 исследователей: Ольги Викторовны Артюшковой, Галины Николаевны Бороздиной (800), у меня (1250 точек) и Виктора Николаевича Пучкова (примерно столько же, детальнее см. [Иванов, 2024]). Интересно, что все вышеперечисленные исследователи (В. Н. Пучков, В. Г. Кориневский, О. В. Артюшкова, Г. Н. Бороздина, А. В. Рязанцев) в разные годы становились лауреатами серебряной медали им. член-корреспондента С. Н. Иванова «За выдающиеся результаты в области наук о Земле и достоинство». Жаль, что эту медаль не успели присудить, безусловно, её достойному Виктору Алексеевичу Маслову (этой медали 11 лет, и она не присуждается посмертно — см. [Иванов, 2021в и др.]).

Итак, в последние примерно 40 лет в большинстве регионов происходило быстрое накопление новых стратиграфических данных, требующих систематизации. В районах со сложной тектоникой наибольшие дискуссии обычно вызывают взаимоотношения осадочных пачек с фауной и вмещающих их вулканитов. Целесообразно проинвестировать разделение имеющихся находок фауны на ряд категорий³.

По надежности и геологической значимости предлагается разделить все датировки (и радиологические, и палеонтологические) на пять категорий: реперные (Р), достоверные (Д), вероятные (В), ориентировочные (О) и недостоверные (Н).

К находкам фауны наименее значимой категории (из всё же имеющих хоть какое то значе-

² Впервые находки конодонтов в кремнях и глинистых сланцах были сделаны в нашей стране В. Н. Пучковым в 1970 г. в Лемвинской зоне Полярного Урала [Пучков, 1973], а в яшмах — в 1981 г. В. Н. Пучковым и мной в косистекской свите Сакмарской зоны Южного Урала [Иванов, Пучков, 1984]. В этом же 1981 г. В. Н. Барышев нашел отпечаток конодонта в яшмах в районе д. Тал-Кускарово [Артюшкова, 2018].

³ Здесь речь не идет о мелководных, существенно карбонатных толщах (например, Бельско-Елецкой мегазоны Урала) переполненных многочисленной фауной (зачастую породообразующей), которую и привыкли изучать палеонтологи уже более 100 лет, т.е. еще со времен академика Д. В. Наливкина, так любившего «колотить ракушу» в палеозойских известняках Урала.



Рис. 1. В.А. Маслов

Условные обозначения: а — 1981 г., на полевых работах близ г. Сибая, вместе с В. Г. Кориневским (стоит) и Е. В. Зайковой; б — в поисках прослоев яшм (фото А. М. Фазлиахметова); в — в полевом лагере (завлаб жарит рыбу) (фото А. М. Фазлиахметова); г — два доктора наук, стратиграфа — В. А. Маслов (справа) и В. С. Цыганко (о нём — см. [Плотисын, 2024]).

Fig. 1. V.A. Maslov

Legend: а — 1981, at field work near the town Sibay, together with V. G. Korinevsky (standing) and E. V. Zaykova; б — in search of layers of jaspers (photo by A. M. Fazliakhmetov); в — in the field camp (the head of the laboratory is frying fish) (photo by A. M. Fazliakhmetov); г — two doctors of science, stratigraphers — V. A. Maslov (on the right) and V. S. Tsyganko (about him — see [Plotitsyn, 2024]).

ние), т. е. **ОРИЕНТИРОВОЧНЫМ**, должны быть отнесены все определения возраста по парастратиграфическим или недостаточно изученным группам фауны (радиолярии, акритархи и др.). Сюда же относятся и определения по ортостратиграфическим группам органических остатков, найденных в фациально чуждых для вулканогенных толщ породах (рифогенные известняки и др.). К ориентировочным относятся и те находки, когда собранных, например, конодонтов слишком мало, или у них плохая сохранность, что обычно приводит к широкому возрастному диапазо-

ну этих датировок (резко преобладают определения с cf.⁴, ex gr. (ex grege — из стада)). В лучшем случае к категории ориентировочных следует относить и все имеющиеся калий-аргоновые датировки по породе в целом вулканитов Урала (так, *Комиссия по определению абсолютно-го возраста геологических формаций при Академии наук* вообще рекомендовала такие датировки даже не публиковать, детальнее — см. ниже). Получение даже ориентировочных фаунистических определений в ряде случаев можно считать значительным шагом вперед в изучении стратиграфии

⁴ Сокращение **cf.** в латинских названиях фауны означает «**conformis**» (от латинского — «подобный», «похожий») или «**conferre**» (лат. «объединять», «сравнивать»). Термин используется, когда вид определен приблизительно, и полной уверенности в идентификации нет.

конкретных вулканогенных комплексов, поскольку во многих районах они ранее «датировались» лишь предположительно по косвенным данным, например, по сопоставлению с толщами других частей региона, различным рассуждениям по поводу «цикличности» вулканизма или же его «гомодромности» и т. п. Как показывает практика, подобные соображения подтверждаются после получения по тем же объектам надежных датировок весьма редко, статистически, почти не чаще, чем случайно (детальнее — см. [Иванов, 2015, 2019]). И даже такой привычный для стратиграфов прием определения возрастных интервалов свит по возрасту подстилающих и перекрывающих толщ, применим для вулканогенных и метаморфических комплексов Урала, равно, как Тянь-Шаня и, вероятно, большинства других складчатых областей, лишь крайне ограниченно, поскольку здесь резко преобладают тектонические контакты. Кроме того, сравнения часто проводятся со свитами, возраст которых фактически также доказан не строго, и в результате конечные представления о возрасте того или иного объекта часто являются итогом ряда последовательных допущений со все меньшей надежностью. Поэтому прямые, пусть и ориентировочные, данные гораздо предпочтительнее косвенных.

Отмечу, что из крупных структурно-формационных зон Урала лишь только Тагильский мегасинклинорий (не считая толщ известняков) выдержал «проверку конодонтами» — здесь возраст вулканогенных и вулканогенно-осадочных свит был уточнен и детализирован [Иванов и др., 2004; Смирнов и др., 2006; Бороздина и др., 2010 и др.], но не был кардинально изменен. Во всех остальных регионах Урала поиски и изучение конодонтов в прослоях кремней и яшм, фактически привели к полному пересмотру стратиграфии (а зачастую — и тектоники) кремнисто-сланцевых, вулканогенных и вулканогенно-осадочных толщ.

К более надежной категории **ВЕРОЯТНЫХ** фаунистических датировок предлагается относить определения возраста вулканогенных толщ по ортостратиграфическим органическим остаткам из пластов кремней и пелагических известняков. На Урале в таких породах найдены конодонты ордовика, силура, девона и карбона, граптолиты силура и фораминиферы карбона. Все они имеют гораздо большее значение для стратиграфии вулканогенных комплексов, чем ориентировочные датировки. К категории «вероятных» следует относить и датировки по конодонтам из пла-

стов яшм среди вулканитов в тех случаях, когда не совсем ясен характер контактов между яшмами и эффузивами (поскольку это породы изофациальные и, в подавляющем большинстве случаев, тесно связаны друг с другом).

К категории **ДОСТОВЕРНЫХ** фаунистических датировок вулканогенных комплексов относятся лишь определения возраста по ортостратиграфическим группам из согласных прослоев яшм с ясным и однозначным положением в разрезе. Из таких групп в яшмах пока найдены только конодонты. Роль достоверных датировок для стратиграфии и региональной геологии исключительно велика. Одна достоверная датировка значит для определения возраста той или иной вулканогенной свиты больше, чем многие десятки ориентировочных. В принципе сравнивать между собой можно лишь датировки одной и той же категории, при наличии же противоречий предпочтение следует отдавать более высокой категории, вне зависимости от количества датировок.

В категорию **РЕПЕРНЫХ** может переходить часть достоверных датировок, например, тех, где были собраны весьма представительные комплексы конодонтов, после непрямого монографического изучения этих конодонтов из прослоев яшм. Так, палеонтологическое монографическое исследование конодонтов из яшм Магнитогорского мегасинклинория Южного Урала было выполнено О. В. Артюшковой [Маслов, Артюшкова, 2010, Артюшкова, 2014], а конодонтов из Тагильского мегасинклинория Среднего и Северного Урала — Г. Н. Бороздиной [Бороздина и др., 2010]. Коллекция конодонтов из реперных точек должна быть доступной для изучения всем специалистам. Весьма желательно, хотя пока и едва ли выполнимо, датирование этих же прослоев яшм и по другим группам органических остатков, особенно ортостратиграфическим. Точно так же, например, ориентировочные датировки по радиоляриям могут в дальнейшем, по мере изучения радиолярий и совершенствования их шкалы, быть переведены в категорию вероятных, а когда-нибудь — м. б. и достоверных.

Примером использования данной классификации может служить Сакмарская зона Южного Урала, где возраст большинства вулканогенных свит был предметом долгих дискуссий. Разбровка многочисленных находок фауны показывает, что наличие кембрийских вулканитов здесь подтверждается лишь ориентировочными датировками, раннесилурийских, а также и среднедевон-

ских толеитовых базальтов — вероятными. И только в ордовикских базальтоидных толщах сделан ряд находок, относящихся к категории достоверных [Иванов и др., 1987; Кориневский, 1989 и др.].

Общие требования к датировкам и их описаниям

Этот раздел может показаться общеизвестным, и вызвать ощущение, что автор «ломится в открытую дверь». Но, тем не менее, практика (критерий истины!), увы, показывает, что эти элементарные требования нередко нарушаются, что может приводить к полной дискредитации с большим трудом полученных новых данных и другим самым неприятным последствиям.

Итак, точки находок фауны (например, конодонтов) должны сопровождаться информацией об авторах находки, палеонтологах, изучавших сборы фауны и исчерпывающей геологической и географической привязкой. Эта привязка должна быть детальной настолько, чтобы обеспечивалась возможность полной воспроизводимости геологической информации (и, например, ее проверки другими геологами, или же даст возможность пополнить собранную коллекцию фауны, а это очень часто бывает не лишку сделать и т. п.). Очень желательно приводить одновременно и географические координаты (в минутах и секундах), и «словесные».

Например: *в эффузивах нижней части байтерекской свиты, в правом борту ручья Каменный (левый приток р. Сакмары, впадающий в нее в 1.7 км выше церкви в деревне Юмагузино), в 235 м по прямой от его устья, в верхней части скального выхода базальтов наблюдается прослой красных плитчатых яшм, мощностью 15 см (азимут падения слоистости ...), в верхней части которых, на поверхностях слоистости (такими то геологами) были найдены многочисленные отпечатки следующих конодонтов такого то возраста (точка № 927; заключение кандидата геол.-мин. наук В. А. Наседкиной, УГГУ). Собранный в этой точке коллекция конодонтов хранится в музее Института геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург.*

Желательны и фотографии обнажений с точками находок фауны или определениями абсолютного возраста.

Заключения палеонтологов (и геохронологов) должны приводиться в публикациях дословно, а не в своем «вольном пересказе», когда желае-

мое уже иногда, к сожалению, выдается за действительное.

При описании новой точки определения абсолютного возраста, например, массива гранодиоритов по цирконам, кроме столь же детальной геологической и географической привязки пробы, необходимо указывать ее вес, петрографический состав пробы, количество выделенных цирконов, описывать способ их выделения, приводить фотографии кристаллов с местами конкретных анализов и табличные U-Pb изотопные данные. Совершенно необходимым является и указание учреждения, где проводились анализы, марки прибора, особенностей аналитических процедур, имени аналитика. Весьма желательно указывать и лабораторный номер пробы (а не только полевой номер пробы заказчика анализа), а также дату и номер данной серии измерений на этом приборе — это может явиться доказательством, что такая проба вообще на данном приборе анализировалась (а сомнения в этом иногда, увы, бывают).

Примеры недостоверных палеонтологических датировок

Любое отступление от вышеперечисленных правил может дать путь геологическим ошибкам, и их известно немало.

Например, в Мугоджарах до начала изучения конодонтов фаунистических датировок было крайне недостаточно. И даже одной и той же находкой трилобитов пытались (от безысходности) обосновать силурийский возраст сначала мугоджарской свиты толеитовых базальтов Западно-Мугоджарской зоны, а потом эту же находку трилобитов использовали уже для т. н. «обоснования» силурийского возраста совсем другой свиты — тойманской свиты Балкымбайского грабена. Причем заключение палеонтолога М. Н. Королевой приводилось с искажением (приписывая ей точность и уверенность, которых фактически совсем не было). В действительности же возраст оказался живетским (детальнее, см. [Иванов, 1990]).

Иногда наблюдались даже и попытки краж точек находок с фауной. Например, писалось, что в такой то пачке скажем *переслаивающихся кремней и песчаников содержатся такие то конодонты... такого то девонского возраста*. И они в ней действительно содержатся. Но только нашли их не авторы цитируемой монографии, а совсем другие люди — а точнее В. Н. Пучков и К. С. Иванов. А если еще, как и было в данном примере, из-

менить латынь, формально переведя список найденных мной с В. Н. Пучковым конодонтов в т. н. мультиэлементную систематику, и не указывать точное место находки, то кража можно сказать «прошла успешно». Ясно, что такие «методы исследований» не прибавляют новых знаний, а лишь множат ненужные сущности.

К сожалению, являюсь автором одной *недо-стойверной* находки конодонтов и я. Поучительно, как это случилось. В Институте геологии и геохимии в 1978 г. очередной раз сменился директор, им стал доктор геол.-минерал. наук из Новосибирска А. М. Дымкин — по мнению многих он являлся одним из лучших директоров ИГГ за всю историю института (а может быть и самым). Но, увы, не для всех. Будучи сам исследователем железорудных месторождений, А. М. Дымкин решил улучшить условия труда рудников, геохимиков и петрологов, а также и администрации института. Для чего всех остальных, т. е. геологов, тектонистов, стратиграфов, палеонтологов и гидрогеологов из основного (и единственного собственного) здания Института геологии и геохимии приказом выселили на съемные площади⁵. В результате нашей лаборатории региональной геологии и геотектоники за следующие примерно 10 лет пришлось с места на место переезжать 6 раз. И, например, лично мне таскать при этом за собой, кроме всего прочего, еще и 17 колонок с образцами. Много времени постоянно терялось на поездки в основное здание института за любой мелочью (и на всякого рода собрания и пр.), и, главное, не было возможности сделать на арендуемых площадях хорошую лабораторию для выделения конодонтов. Т. е. все наши успехи в деле изучения стратиграфии и тектоники Урала (см., например, [Иванов, 1987, 1988, 2015, 2019; Иванов и др., 1984, 1989, 1987, 1990, 2004; Иванов, Пучков, 1984, 2022; Пучков, Иванов, 1985 и др.]) были достигнуты не благодаря, а вопреки действиям администрации ИГГ. В 1983 г. мы вернулись с поля с Южного Урала поздно вечером, и разгружать ГАЗ-66 ночью нам не дала охрана здания Президиума УНЦ (где мы в тот год обитали). Пришлось оставить грузовик во внутреннем закрытом дворе, и вернуться к нему уже утром. Увы, ночью машина подверглась атаке вандалов, и несколько с большими трудами собран-

ных мной в прослоях яшм комплексов конодонтов (и тщательно завернутых в крафт-бумагу, и даже вату) были высыпаны и утрачены. Одну из точек, как мне показалось от горя, еще можно было спасти. И я собрал с асфальта мои рассыпанные вандалами сборы конодонтов, состоящие из однородных небольших кусочков красно-коричневых яшм. Увы, это была моя ошибка, т. к. методически правильно было безжалостно выбросить все. В результате этот комплекс конодонтов оказался искусственно смешанный и был определен как раннесилурийский [Иванов, Пучков, 1984] неверно. Позднее В. Г. Кориневский [1989, стр. 37] повторил мои сборы в этой же самой точке — северная часть Сакмарской зоны Урала, верховья балки Казымбадка, которая является правым притоком р. Чебаклы, в ее левом борту, прослой яшм мощностью 15 см среди базальтов (точка 813 К. С. Иванова = точка Г-463 В. Г. Кориневского) и ему определили здесь средний ордовик (что, по всей вероятности, и соответствует действительности). Это пример цепи событий, приведших к появлению моей единственной *недостойверной* палеонтологической датировки.

Геохронологические датировки

Общеизвестно, что не существует «хороших» и «плохих» методов в изотопной геохронологии: каждому из них (K-Ar, Ar-Ar, Rb-Sr, Sm-Nd, U-Pb методы и др.) свойственны свои определенные как достоинства, так и недостатки. Все это многократно и детально обсуждалось в печати [Шанин и др., 1979; Овчинников и др., 1981; Краснобаев, 1985; Фор, 1989; Сергеев и др., 2015 и мн. др.]. Так, на сайте Института Карпинского (бывш. ВСЕГЕИ) указывается, что **надежность геохронологических датировок** — это мера их соответствия истинному возрасту образца. Для оценки качества датировок используют понятия **точность** (precision) и **достоверность** (ассигура). Точность датировки — это величина статистической неопределенности результатов физического или химического анализов или измерений, лежащих в основе определения возраста, а достоверность — мера ее соответствия истинному возрасту образца (https://karpinskyinstitute.ru/ru/info/geochron-atlas/kriterii_dostovernosty_2020).

⁵ Насколько я знаю, подобные волонтеристские попытки разделения коллектива на «семь пар чистых и семь пар нечистых» (к последним относили исследователей, не занимающихся изучением шарьяжей; как правило, просто выдуманных (детальнее см. [Иванов, 2013])) предпринимались примерно в то же время и в Институте геологии Уфы. И Виктор Алексеевич Маслов самоотверженно против этого боролся, потерял много здоровья, но не позволил разгромить коллектив.

docx, http://media.geogr.msu.ru/Library/Books/paninAV_2014_metody_paleogeographicheskoy_issledovaniy_2014.pdf).

Большинство ошибок, как известно, появляется при формальном использовании полученных датировок, когда вне внимания исследователей остаются как свойства датируемого объекта, так и задачи, на решение которых было направлено изучение возраста тех или иных интрузивных массивов или метаморфических комплексов. Начальный период развития геохронологии, когда любая цифра считалась «абсолютным возрастом», безвозвратно прошел. Очевидно, что для перевода тех или иных цифр, полученных разными геохронологическими методами, в категорию «возраста» требуется не только высокоточная и надежная аналитическая работа, но и детальная минерало-геохимическая характеристика исследуемого объекта, подтверждающая его связь с датируемым процессом и позволяющая оценить для него степень замкнутости изучаемой возрастной системы.

Примерно с начала этого века, в нашей стране, вслед за «конодонтовой революцией» началась еще одна, имеющая ничуть не меньшее значение для датирования геологических формаций — началось широкое использование Шримпа-2 для датирования цирконов. Этой тематике посвящено уже лишь в России несколько тысяч публикаций (см., например, [Ронкин и др., 2020 и мн. др.]), и здесь ее рассматривать не будем. Следует, однако, отметить, что цирконовые Шримп-датировки тем лучше и надежнее, чем проще сам объект исследований. Т. е. они весьма хороши для, например, относительно просто построенных диоритовых или гранитных массивов. Но при исследовании метаморфических комплексов все уже гораздо менее однозначно — здесь, например, наиболее часто встречающейся ошибкой является использование датировок изначально обломочных цирконов (из параметаморфических пород) для обоснования неких «древних этапов метаморфизма» и пр., фактически просто не существующих (детальнее, см., например, [Иванов и др., 2016; Иванов, 2021а и др.]).

А. А. Краснобаев [1985] предложил разделить все докембрийские датировки абсолютного возраста Урала на три группы — от крайне ненадежных, «ориентировочных» до «достоверных» и самых надежных — «реперных достоверных». *Реперные* датировки, по А. А. Краснобаеву [1985], отвечают средним значениям сходящихся в пределах точности 2–3 независимых (U-Th-Pb, Rb-Sr,

K-Ar) методов определения возраста. Получены такие датировки могут быть только в рамках равновесных минеральных парагенезисов (минералов, пород), т. е. для моногенных образований. Специфика реперных датировок в том, что их значения (абсолютная величина) при последующих работах могут лишь уточняться без существенных изменений геологических выводов. В случае же *ориентированных* датировок возможны любые поправки, вплоть до исключения конкретного значения. *Достоверные* датировки могут быть получены любым из методов (U-Pb — изохронные или сходящиеся данные по отдельным отношениям изотопов, Rb-Sr — изохронные, K-Ar — по сосуществующим минералам с различным содержанием K); надежность их не снижается даже в том случае, когда между собой они не согласуются (как вариант, U-Pb цифра может отвечать возрасту субстрата, Rb-Sr — диафтореза, K-Ar — позднего метасоматоза и т. п.).

К *ориентировочным* датировкам А. А. Краснобаев (1985) относил преимущественно K-Ar датировки по породе в целом. Нами [Иванов и др., 2005] на основании суммирования больших объемов данных был сделан эмпирический вывод, что при содержании K_2O в породе менее 0.4 мас. % достоверность определений абсолютного возраста K-Ar методом не гарантируется. Экспериментально полученные данные при содержании калия менее 0.4% попадают в своего рода «поле нестабильности» и могут быть получены как удовлетворительные результаты (соответствующие другим геохронометрам и биостратиграфическим данным), так и цифры, явно не соответствующие геологическим и другим фактам. Отсюда следует рекомендация использовать это содержание (0.4 мас. % K_2O) в качестве граничного для предварительной разбраковки проб на непригодные и возможно годные для определения возраста K-Ar методом. Особенно это касается не полнокристаллических пород, т. е. эффузивов.

И хотя далеко не все результаты этой статьи А. А. Краснобаева [1985] выдержали проверку временем, в целом его предложения были весьма полезны. Так, по мнению А. А. Краснобаева [1985] к категории «достоверных» для докембрийских датировок на восточном склоне Урала принадлежала лишь одна — гнейсов селянкинской толщи (Ильменские горы на севере Южного Урала) с возрастом 1820 ± 70 млн лет. К сожалению, и это (столь, казалось бы, надежная цифра...) оказалось ошибкой. Последующее изучение показало [Ива-

нов и др., 2016 и др.], что указанные гнейсы сформировались как метаморфические породы не в докембрии, а в палеозое. На примере цирконов было установлено, что древний докембрийский материал («1.8–2 млрд лет») в составе этих пород отмечается лишь в виде окатанных зерен. Выполнено Th-U-Pb датирование монацита, получены две изохроны (323 ± 28 и 275 ± 22 млн лет), определяющие возраст метаморфизма гнейсов. Sm-Nd изохроны также обнаруживают этапы метаморфизма (468 и 276 млн лет). Метаморфиты селянkinской толщи располагаются восточнее Главного Уральского глубинного разлома, в среднем палеозое являвшегося зоной субдукции, падавшей на восток (в современных координатах) [Иванов, Пучков, 2022 и др.]. И эти метаморфиты фактически представляют собой глубинные части среднепалеозойской островной дуги. Ar-Ar определение возраста по биотиту (242 млн лет) указывает здесь на выведение метаморфических комплексов (селянkinской «свиты») на уровень верхней коры при постколлизийном растяжении Урала [Иванов и др., 2016].

О недостоверных радиологических датировках

Недостоверные датировки, как правило, получаются при нарушении сформулированных выше правил к их созданию и описанию. Вот типичный пример *недостоверной* изотопной датировки.

На Полярном Урале давно известен [Добрецов и др., 1977; Костюхин, 1991; Ефимов, Потапова, 1996 и др.] так называемый малыкский комплекс, представленный метаморфизованными гнейсовидными габбро, габбро-амфиболитами, гранатовыми габбро-амфиболитами и пр., слагающими большую территорию сразу восточнее ультрабазитового массива Сыум-Кеу. По [Душин и др., 2008, 2009] «породы малыкского комплекса имеют самостоятельный полиструктурный план (что это такое?! — К. И.) и слагают меланократовое основание уральца». Возраст малыкского комплекса метаморфизованных габбро, чаще всего, считался докембрийским, убедительных доказательств чего, впрочем, не было. А потом они появились [Душин и др., 2008], точнее якобы появились: «Решение проблемы возрастных датировок пород малыкского комплекса основано на изучении U-Pb изотопной системы цирконов, выделенных из групповой пробы кварцсодержащих габброамфиболитов, отобранной на восточном скло-

не горы Малая Хадата (т.е. нормальной привязки, по сути, нет — К. И.). Выбранные ... кристаллы цирконов ... исследованы на SHRIMP II (ЦИИ ВСЕГЕИ). Всего проанализирован U-Th-Pb изотопный состав 18-ти локальных областей. Положение фигуративных точек на графике в координатах $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ — $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, по сути, определяется двумя группами фигуративных точек. Первая локализована в районе относительно древних возрастов, тогда как доминирующая по представительности, характеризуется значимо более молодыми цифрами. Формальная аппроксимация экспериментально полученных данных с помощью известного алгоритма [Ludwig, 2001] выявляет двухэпизодную модель эволюции U-Pb системы, санкционируя вычисление, по крайней мере, двух возрастов. Верхнее (пересечение) дисконкордии с конкордией (рис. 2) соответствует значению 2736 ± 42 млн лет, совпадая в пределах аналитических погрешностей с Nd модельной датировкой 2694 млн лет, выполненной нами по валовому составу образца, из которого были датированы соответствующие цирконы, что подтверждает реальность геологического события и на «порядном»

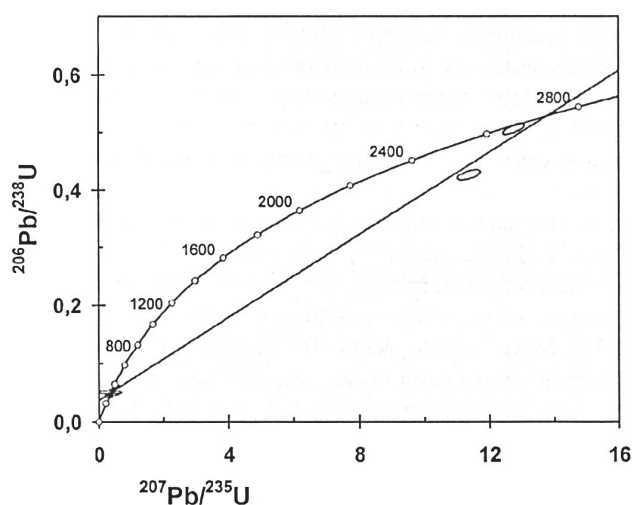


Рис. 2. Диаграмма с конкордией для цирконов, выделенных из кварцсодержащих габбро-амфиболитов малыкского комплекса, по [Душин и др., 2008]

Данный рисунок был представлен его авторами неправильно, т.к. необходимо было дополнительно показать в гораздо более крупном масштабе область в районе 350 млн лет, где расположены 16 из 18 сделанных анализов

Fig. 2. Concordia diagram for zircons from quartz-bearing gabbro-amphibolites of the Malik complex, after [Dushin et al., 2008]

This figure was presented incorrectly by its authors, as it was necessary to additionally show on a much larger scale the area around 350 Ma, where 16 of the 18 analyses were performed

уровне. *Нижний возрастной кластер, включающий в себя основное количество U-Pb данных (см. рис. 2), демонстрирует известную разобщенность наблюдаемых эллипсов в пределах $\pm 1\sigma$ погрешностей, типичных для SHRIMP-II фактуры в этом возрастном диапазоне, фиксируя $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ датировки в диапазоне 525–800 млн лет.*» (! — выделено мной — К. И.).

Т. е. в работе [Душин и др., 2008] постулируется определение абсолютного возраста малыкского комплекса двумя современными методами, которые к тому же дали сходящиеся (близкие) результаты.

Увы, это совершенно не соответствует действительности.

Так, никаких табличных данных измеренных изотопных отношений неодима в работе [Душин и др., 2008], к сожалению, не приводится. Поэтому что тут измерялось (?) и рассчитывалось, установить невозможно. Кроме того, модельный самарий-неодимовый возраст, как известно, далеко не тождественен реальному возрасту, он в достаточной мере «вещь в себе» (зависит от используемой расчетной модели и пр.) и, в лучшем случае, может расцениваться лишь как максимально возможное время формирования датированного объекта (см., например, [Журавлев и др., 1987; Фор, 1989; Костицын, 2004 и др.]).

Кроме того, если посмотреть на рис. 2 (взятый из публикации [Душин и др., 2008]), то отчетливо видно, что из «18 проанализированных участков цирконов», 16 образуют общность в районе ≈ 350 млн лет (а никаких не «525–800 млн»). Также в работе [Душин и др., 2008] крайне недостает фотографий проанализированных цирконов и табличных U-Pb изотопных данных. Увы, их нет (хотя публикация 2008 г. не тезисы, а материалы совещания, т. е. жестко объемом ограничена не была). Поскольку В. А. Душин с коллегами работали на Полярном Урале в рамках работ по государственному геологическому доизучению

ряда листов масштаба 1: 200000, можно предположить, что вышеуказанные данные по датированию малыкского комплекса обязательно должны были войти (причем в полном виде) в отчеты по этим работам. К сожалению, в Объяснительной записке к листу Госгеолкарты Q-42-I, II, на котором располагается малыкский комплекс [Душин и др., 2009], никаких сведений на этот счет нет. Мое личное обращение к авторам работы [Душин и др., 2008] также ничего не дало.

Может быть, эти геохронологические данные В. А. Душина и других просто не успели тогда к публикации Объяснительной записки? Но (кроме многочисленных журналов, где свободно можно было бы опубликовать данные по геохронологии малыкского комплекса должным образом) есть и более поздняя Объяснительная записка к листу Госгеолкарты Q-42-VII, VIII [Душин и др., 2014], объемом 384 стр. И вот все, что там написано по этому поводу: «*Возраст малыкского комплекса дискусионен. ... Радиологические определения Sm-Nd, U-Pb и K-Ar методами дают значения в 2.7 млрд лет, 1.32 млрд лет и 468 млн лет [Душин и др., 2008], что отвечает интервалу от верхнего архея до среднего рифея и даже раннего палеозоя. Однако единичные определения и резкий разброс значений при отсутствии однозначных геологических наблюдений не позволяют пока принять докембрийский возраст метагабброидов. Согласно «Легенде...», 2009», предлагается считать малыкский комплекс позднеордовикским*».

Впрочем, в 2020 г. В. А. Душин опять текстуально повторил публикацию [Душин и др., 2008] с теми же странными выводами о якобы дорифейском возрасте малыкского комплекса и т. п.⁶

Отмеченная датировка малыкского комплекса [Душин и др., 2008] как бы использует несколько геохронологических методов и, казалось бы, могла претендовать на статус *достоверной* (если не *реперной*...), но фактически, к сожалению, яв-

⁶ «Наиболее ранний архейско-протерозойский кластер представлен малыкским комплексом. По-видимому, судя по изотопии, образование эдукта метагабброидов малыкского комплекса имеет место в конце архея — около 2,7 млрд лет назад и соответствовало по времени проявлению магматической активности внутриконтинентального типа как свидетельство формирования относительно крупных композитных континентов. $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ возрастные значения (525–800 млн лет), вероятно, фиксируют более поздние процессы в эволюции габброидов, обусловленные реомобилизацией вещества в связи со вспышками постфиолитового гранитоидного магматизма в палеоокеаническом секторе. При этом как древнейшие, так и более молодые датировки коррелируются с детально изученными тектоно-магматическими явлениями в Харбейско-Марункеуском блоке палеоконтинентального сектора. Это обстоятельство с учетом глубинного строения земной коры Полярного Урала может с определенной долей вероятности служить обоснованием тектонического единства Малыкско-Марункеуского сегмента, объясняемого своим становлением позднейшим коллизионным событием палеопротерозойских гранулит-гнейсовых комплексов» [Душин, 2020, с. 53]. Это при том, что, например, высокobarический (т. е. субдукционный) Марункеуский комплекс имеет хорошо доказанный палеозойский возраст — 366 ± 8.5 млн лет — 339 ± 16 млн лет по разным методам, детальнее см. [Шатский и др., 2000, Пучков, Иванов, 2020 и мн. др.].

ляется, как было показано выше, *недостовойной*. По всей видимости, эти авторы хотели получить дорифейский возраст малыкского комплекса, его они и «обосновали». Отметим, что по породам массива Сыум-Кей была сделана [Гурская и др., 2004] Sm-Nd изохрона 604 ± 39 млн лет, а по цирконам из жил плагиогранитов в малыкском комплексе получен конкордантный U — Pb возраст 451 ± 14 млн лет [Андреичев и др., 2012]. Что как раз и отвечает позднему ордовику международной шкалы (458–443 млн лет). Отметим, что датировка В. Л. Андреичева с коллегами *достовойная* и претензий к ним нет (кроме м. б. недостаточно критичного восприятия ими т. н. «данных» В. А. Душина). Жаль, что В. А. Душин и его соавторы на статью В. Л. Андреичева с коллегами не ссылаются (по данным елайбрани).

Иногда для того, чтобы датировка стала *недостовойной* достаточно просто не выполнить хотя бы одно какое-либо из вышеотмеченных обязательных условий достовойности. Так в работе [Ронкин, Чашухин, 2024] (и дублирующих публикациях этих авторов) сообщается о полученной ими датировке лерцолитов массива Северный Крака (Южный Урал) $^{147}\text{Sm}-^{143}\text{Nd}$ AL TIMS 545 ± 26 млн лет. Все использованные методики в статье достаточно подробно описаны, равно как и анализирувавшиеся породы, и результаты статьи [Ронкин, Чашухин, 2024 и др.] имели бы все основания пополнить очень немногочисленный «золотой фонд» *достовых* датировок уральских ультрабазитов. К сожалению, этого не произойдет, т. к. в статье не указано, где были выполнены анализы. Она написана так, что у читателя складывается впечатление, что изотопные анализы были выполнены в ИГГ УрО РАН, однако хорошо известно, что в указанном институте их точно не делали. В результате эта датировка является *недостовойной* (по крайней мере, пока).

Заключение

Необходима аттестация и подразделение на предложенные 5 категорий надежности (*реперные, достовые, вероятные, ориентировочные и недостовые*) всех имеющихся находок фауны среди вулканогенных, вулканогенно-осадочных и кремнисто-сланцевых толщ Урала (и других регионов), равно как и геохронологических датировок магматических и метаморфических комплексов. По всей видимости, было бы целесообразно издать их каталог (вероятно, в ци-

фровом виде), который может иметь не меньшее значение, чем даже корреляционные стратиграфические схемы. Тем более, что новых стратиграфических схем (например, на Урале) не предвидится. Решение о присвоении находке статуса достовойной и тем более реперной, по-видимому, должно было бы приниматься подкомиссиями региональных стратиграфических и тектонических комитетов. Кто должен проводить аттестацию радиогеохронологических датировок не столь очевидно, поскольку созданная в 1937 г. для координации геохронологических исследований *Комиссия по определению абсолютного возраста геологических формаций при Академии наук* (которая длительное время возглавлялась член-корреспондентом Л. Н. Овчинниковым — см. [Ронкин, Степанов, 2013 и др.]) уже, увы, не существует. Возможно, ее следовало бы воссоздать. Но только после проведения аттестации датировок появится надежная основа, для таких, например, работ, как корреляция магматических комплексов, выявления цикличности вулканизма и т. п. Сейчас же такие обобщения опираются, как правило, на смесь как достаточно корректных, так и не корректных сведений, а также предположений и допущений, причем факты зачастую уже невозможно отделить от их интерпретации, что самым пагубным образом сказывается на надежности и достовойности геологических выводов, равно как и на качестве государственных геологических карт.

При сопоставлении датировок (как палеонтологических, так и радиогеохронологических) предпочтение всегда следует отдавать датировкам более высокой категории надежности. Если же в силу тех или иных причин, их приходится сравнивать количественно, то значимость *ориентировочной* датировки следует принимать за 1 (а от *недостовых* — вообще только лишь вред), *вероятной* за 10, *достовойной* за 100 и *реперной*, вероятно, за 1000. Т. е. каждая датировка более высокой категории надежности в 10 раз более значима, чем датировка предыдущего уровня.

Список литературы

Андреичев В. Л., Куликова К. В., Ларионов А. Н. U-Pb возраст плагиогранитов Малык (Полярный Урал) // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2012. № 4 (12). С. 60–66.

Артюшкова О. В. «Конодонтовый» этап развития стратиграфии на Южном Урале (1970–2017) // Фундаментальная и прикладная палеонтология. Материалы LXIV сессии Палеонтологического общества при РАН (2–6 ап-

реля 2018 г., Санкт-Петербург). СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2018. С. 16–18.

Артюшкова О. В. Девонские конодонты из вулканогенно-кремнистых отложений Магнитогорской мегазоны Южного Урала. Уфа: ДизайнПресс, 2014. 152 с.

Артюшкова О. В., Зайнуллин Р. И., Мавринская Т. М., Тагариева Р. Ч., Фазлиахметов А. М., Якупов Р. Р. В память о товарище // Геологический сборник. 2015. № 12. С. 230–232.

Артюшкова О. В., Маслов В. А. Палеонтологическое обоснование стратиграфического расчленения дофаменских вулканогенных комплексов Верхнеуральского и Магнитогорского районов. Уфа: ИГ УФНЦ РАН, 1998. 156 с.

Артюшкова О. В., Якупов Р. Р. Лаборатория стратиграфии палеозоя на службе отечеству // История науки и техники. 2021. № 4. С. 12–18.

Бороздина Г. Н., Иванов К. С., Богоявленская В. М. Стратиграфия вулканогенных и вулканогенно-осадочных отложений Салатимской и Тагильской зон Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 152 с.

Гурская Л. И., Смелова Л. В., Колбанцев Л. Р., Ляхницкая В. Д., Ляхницкий Ю. С., Шахова С. Н. Платиноиды хромитоносных массивов Полярного Урала. Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 2004. 306 с.

Добрецов Н. Л., Молдаванцев Ю. Е., Казак А. П., Пономарева Л. Г., Савельева Г. Н., Савельев А. А. Петрология и метаморфизм древних офиолитов (на примере Полярного Урала и Западного Саяна). Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1977. 220 с.

Душин В. А. Геологическое строение и магматизм Щучинского мегаблока (Полярный Урал) // Известия УГГУ. 2020. Вып. 4. (60). С. 35–56.

Душин В. А., Бурмако П. Л., Ронкин Ю. Л., Шишкин М. А. Состав и новые возрастные датировки метаброидов малыкского комплекса на Полярном Урале // В сборнике: Структурно-вещественные комплексы и проблемы геодинамики докембрия фанерозойских орогенов. Материалы международной научной конференции (III Чтения памяти С. Н. Иванова). Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2008. С. 27–29.

Душин В. А., Сердюкова О. П., Малюгин А. А., Никулина И. А. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000. Изд. 2-е. Лист Q-42-VII, VIII (Обская): объяснительная записка / ред. А. П. Казак. СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2014. 384 с.

Душин В. А., Сердюкова О. П., Малюгин А. А., Никулина И. А., Козьмин В. С., Бурмако П. Л., Попова О. М., Рыбалко В. А., Абатурова И. В., Крашенинникова М. Л., Козьмина Л. И. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000. Изд. 2-е. Лист Q-42-I, II (Лаборова): объяснительная записка / ред. А. П. Казак. СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2009. 372 с.

Ефимов А. А., Потапова Т. А. Малыкская габбронорит-энтербитовая серия габброидов Щучинского синклиория (Полярный Урал) // Ежегодник-1995. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1996. С. 82–85.

Журавлев А. З., Журавлев Д. З., Костицын Ю. А., Чернышов И. В. Определение самарий-неодимового отноше-

ния для целей геохронологии // Геохимия. 1987. № 8. С. 1115–1129.

Иванов К. С. Главные вопросы геологической истории и строения Урала // Уральский геологический журнал. 2019. № 2 (128). С. 3–55. <http://www.ural-geol-j.net/2019-n2>

Иванов К. С. Еще раз о роли шарьяжей в геологии Урала // Уральский геологический журнал. 2013. № 6 (96). С. 71–87. <http://www.ural-geol-j.net/2013-n6>

Иванов К. С. Исследования геологии России от Москвы до Якутска (об Ю. А. Воложе, А. В. Рязанцеве и В. С. Шкодзинском — новых лауреатах серебряной медали имени члена-корреспондента РАН Иванова С. Н. «За выдающиеся результаты в области наук о Земле и достоинство») // Уральский геологический журнал. 2021 в. № 3 (141). С. 59–68.

Иванов К. С. К методологии геолого-стратиграфических исследований складчатых поясов // Уральский геологический журнал. 2015. № 4 (106). С. 45–58.

Иванов К. С. Методы поисков и выделения конодонтов. Методические рекомендации. Свердловск: ИГГ УНЦ АН СССР, 1987. 117 с.

Иванов К. С. О находках трилобитов в Западных Мугуджарах // Новые данные по геологии Урала, Западной Сибири и Казахстана. Свердловск: УрО РАН, 1990. С. 45–49.

Иванов К. С. Памяти Артура Антониновича Краснобаева (1935–2021) // Уральский геологический журнал. 2021а. № 1 (139). С. 88–105.

Иванов К. С. Памяти геолога Виктора Григорьевича Кориневского (1937–2021) // Уральский геологический журнал. 2021б. № 3 (141). С. 104–114.

Иванов К. С. Памяти геолога Виктора Николаевича Пучкова (1938–2024) // Уральский геологический журнал. 2024. № 4 (160). С. 3–25.

Иванов К. С. Развитие Сакмарской зоны Южного Урала в ордовике (Уральскому палеоокеану 480 млн. лет) // Доклады АН СССР. 1988. Т. 299. № 2. С. 428–432.

Иванов К. С., Бабенко В. А., Наседкина В. А. К стратиграфии вулканогенных толщ ордовика Сакмарской зоны Урала // Новые данные по геологии Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. С. 12–26.

Иванов К. С., Ерохин Ю. В., Хиллер В. В., Родионов Н. В., Серов П. А. К проблеме докембрия восточного склона Урала (о возрасте и природе селянчинской толщи Ильменогорской зоны) // Региональная геология и металлогения. 2016. № 68. С. 21–29.

Иванов К. С., Пучков В. Н. Геология Сакмарской зоны Урала (новые данные) / Препринт. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984. 86 с.

Иванов К. С., Пучков В. Н. Структурно-формационные зоны Уральского складчатого пояса: обзор данных и развитие новых идей // Геотектоника. 2022. № 6. С. 78–113.

Иванов К. С., Пучков В. Н., Бабенко В. А. Находки конодонтов и граптолитов среди метаморфизованных толщ на Южном Урале // Доклады АН СССР. 1990. Т. 310. № 3. С. 676–679.

Иванов К. С., Пучков В. Н., Наседкина В. А., Пелевин И. А. Первые результаты ревизии стратиграфии поля-

ковской свиты по конодонтам // Ежегодник-1988. Свердловск: ИГГ УрО АН СССР, 1989. С. 12–13.

Иванов К. С., Пуцаев А. М., Пучков В. Н. Новые данные по стратиграфии и тектонике восточного края Магнитогорской зоны Урала // Новые данные по палеонтологии и биостратиграфии палеозоя Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984. С. 51–70.

Иванов К. С., Снигирева М. П., Мянник П., Бороздина Г. Н. Конодонты и биостратиграфия вулканогенно-кремнистых отложений раннего палеозоя, вскрытых Уральской сверхглубокой скважиной СГ-4 // Литосфера. 2004. № 4. С. 89–101.

Иванов К. С., Федоров Ю. Н., Ронкин Ю. Л., Ерохин Ю. В. Геохронологические исследования фундамента Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна; итоги 50 лет изучения // Литосфера. 2005. № 3. С. 117–135.

Кориневский В. Г. Палеозойские офиолиты Южного Урала // Геотектоника. 1989. № 2. С. 34–44.

Костицын Ю. А. Sm-Nd и Lu-Hf изотопные системы Земли: отвечают ли они хондритам? // Петрология. 2004. Т. 12. № 5. С. 451–466.

Краснобаев А. А. Проблемы геохронологии докембрия на Урале // Ежегодник-1984. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985. С. 26–30.

Кулагина Е. И., Кочетова Н. Н., Артюшкова О. В., Мавринская Т. М., Маслов В. А., Пучков В. Н., Барышев В. Н., Горожанин В. М., Горожанина Е. Н., Николаева С. В., Кононова Л. И., Алексеев А. С., Барсков И. С., Горева Н. В., Гатовский Ю. А., Иванова Р. М., Кучева Н. А., Степанова Т. И., Черных В. В., Мизенс Г. А., Яркова А. В., Мосейчук В. М., Кашина Л. В. Пазухин Владимир Николаевич (1951–2013) // Геологический сборник. 2013. № 10. С. 283–285.

Маслов В. А., Артюшкова О. В. Стратиграфия и корреляция девонских отложений Сибай-Баймакского района Башкирии. Екатеринбург: ИГ УНЦ РАН, 2002. 199 с.

Маслов В. А., Артюшкова О. В. Стратиграфия и корреляция девонских отложений Магнитогорской мегазоны Южного Урала. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 288 с.

Маслов В. А., Артюшкова О. В. Стратиграфия палеозойских образований Учалинского района Башкирии. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 2000. 140 с.

Маслов В. А., Артюшкова О. В., Барышев В. Н. Стратиграфическое расчленение девонских отложений Магнитогорского мегасинклинария // Советская геология. 1987а. № 9. С. 61–71.

Маслов В. А., Артюшкова О. В., Барышев В. Н. Стратиграфия рудовмещающих девонских отложений Сибайского района. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1984. 100 с.

Маслов В. А., Артюшкова О. В., Мавринская Т. М., Якупов Р. Р. Ордовикские отложения Южного Урала // Палеогеография венда — раннего палеозоя Северной Евразии. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1998. С. 67–74.

Маслов В. А., Артюшкова О. В., Павлов В. В., Барышев В. Н. Обоснование возраста по фауне конодонтов вулканогенно-осадочных толщ Узункырской зоны (район Юлдашевской структуры). Препринт: Уфа, 1987б. 31 с.

Маслов В. А., Черкасов В. Л., Тищенко В. Т., Смирнова И. А., Артюшкова О. В., Павлов В. В. Стратиграфия

и корреляция вулканогенных комплексов основных медноколчеданных районов Южного Урала. Уфа: УНЦ РАН, 1993. 216 с.

Овчинников Л. Н., Степанов А. И., Вороновский С. Н. О причинах искажения калий-аргоновых дат // Проблемы геохронологии и изотопной геологии. М.: Наука, 1981. С. 3–31.

Плотицын А. Н. Памяти Владимира Степановича Цыганко (13.02.1938–28.09.2024) // Вестник геонаук. 2024. № 9. С. 42–44.

Прокин В. А., Серавкин И. Б., Буслаев Ф. П., Сначѣв В. И., Пучков В. Н., Маслов В. А., Иванов К. С., Контарь Е. С., Душин В. А., Елохин В. А., Цимбалюк А. В., Язева Р. Г., Вострокнутов Г. А., Холоднов В. В., Кабанова Л. Я., Наседкин А. П., Папулов Н. Б., Иванов С. Н., Нечухин В. М., Лядский П. В. Медноколчеданные месторождения Урала: условия формирования. Екатеринбург: УрО РАН, 1992. 312 с.

Пучков В. Н. Находки конодонтов в палеозое севера Урала и их стратиграфическое значение // Доклады АН СССР. 1973. Т. 209. № 3. С. 668–670.

Пучков В. Н., Иванов К. С. Первые сведения о вулканогенно-кремнистых толщах ордовика на востоке Урала // Доклады АН СССР. 1985. Т. 285. № 4. С. 966–970.

Пучков В. Н., Иванов К. С. Тектоника севера Урала и Западной Сибири: общая история развития // Геотектоника. 2020. № 1. С. 41–61.

Ронкин Ю. Л., Маслов В. А., Синдерн С. U-Pb (ID-TIMS) геохронологический метод и SIMS приемы датирования циркона «in situ»: возможности и ограничения // Литосфера. 2020. Т. 20. № 3. С. 411–431.

Ронкин Ю. Л., Степанов А. И., Л. Н. Овчинников и методы изотопной геологии на Урале и СССР: к столетию дня рождения // Минералы: строение, свойства, методы исследования. 2013. № 5. С. 157–159.

Ронкин Ю. Л., Чашухин И. С. Лерцолитовые массивы Крака (Южный Урал): геохимия, геохронология, генезис, геодинамика // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2024. № 3 (69). С. 5–17.

Рязанцев А. В., Дубинина С. В., Кузнецов Н. Б., Белова А. А. Ордовикские структурно-формационные комплексы в аллохтонах Южного Урала // Геотектоника. 2008. № 5. С. 49–78.

Сергеев С. А., Пушкарев Ю. Д., Лохов К. И., Сергеев Д. С. Обзор современных методов изотопной геохронологии (составная часть Геохронологического Атласа) СПб.: ВСЕГЕИ, 2015. 31 с. https://karpinskyinstitute.ru/ru/info/geochron-atlas/geoch-atlas_obzor.pdf

Смирнов В. Н., Бороздина Г. Н., Десятниченко Л. И., Иванов К. С., Медведева Т. Ю., Фадеечева И. Ф. О времени раскрытия Уральского палеоокеана // Геология и геофизика. 2006. Т. 47. № 6. С. 755–761.

Стратиграфические схемы Урала (докембрий, палеозой) // Екатеринбург: Урал. геол.-съёмоч. экспедиция, 1993. 152 л. схем.

Фор Г. Основы изотопной геологии. М.: Мир, 1989. 590 с.

Шанин Л. Л., Волков В. Н., Лицарев М. А., Араке-
лянци М. М., Гольцман Ю. В., Иваненко В. В., Баиро-
ва Э. Д. Критерии надежности методов радиологическо-
го датирования / ред. А. М. Борсук. М.: Наука, 1979. 207 с.

Шацкий В. С., Симонов В. А., Ягоуц Э., Козьмен-
ко О. А., Куренков С. А. Новые данные о возрасте эклогит-
тов Полярного Урала // Доклады АН СССР. 2000. Т. 371.
№ 4. С. 519–523.

Ludwig K. R. SQUID 1.02, A User Manual, A
Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. Berkeley:
Berkeley Geochronology Center Special Publication. 2001.

References

Andreichev V. L., Kulikova K. V., Larionov A. N. (2012)
U-Pb age of Malyko plagiogranites (Polar Urals). *Bulletin of
the Komi Science Center, Ural Branch of the Russian Acad-
emy of Sciences*. 4 (12), 60–66. (In Russian).

Artyushkova O. V. (2018) “Conodont” stage in the de-
velopment of stratigraphy in the Southern Urals (1970–2017).
Fundamental and Applied Paleontology. Proceedings of the
LXIV session of the Paleontological Society of the Russian
Academy of Sciences (April 2–6, 2018, St. Petersburg). St. Pe-
tersburg: VSEGEI Cartography Factory. P. 16–18. (In Russian).

Artyushkova O. V. (2014) Devonian conodonts from vol-
canogenic-siliceous deposits of the Magnitogorsk megazone
of the Southern Urals. Ufa: DesignPress. 152 p. (In Russian).

Artyushkova O. V., Zainullin R. I., Mavrinskaya T. M.,
Tagarieva R. Ch., Fazliakhmetov A. M., Yakupov R. R. (2015)
In memory of a comrade. *Geological collection*. (12), 230–
232. (In Russian).

Artyushkova O. V., Maslov V. A. (1998) Paleontolog-
ical substantiation of the stratigraphic subdivision of the
pre-Famennian volcanogenic complexes of the Verkhneu-
ralsk and Magnitogorsk regions. Ufa: IRAS IG USC RAS.
156 p. (In Russian).

Artyushkova O. V., Yakupov R. R. (2021) Laboratory
of Paleozoic Stratigraphy in the Service of the Fatherland.
History of Science and Technology. (4), 12–18. (In Russian).

Borozdina G. N., Ivanov K. S., Bogoyavlenskaya V. M.
(2010) Stratigraphy of volcanogenic and volcanogenic-sedi-
mentary deposits of the Salatim and Tagil zones of the Urals.
Ekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sci-
ences. 152 p. (In Russian).

Gurskaya L. I., Smelova L. V., Kolbantsev L. R., Lyakh-
nitskaya V. D., Lyakhnitsky Yu. S., Shakhova S. N. (2004) Plati-
noids of chromite-bearing massifs of the Polar Urals. Saint
Petersburg: VSEGEI Publ. 306 p. (In Russian).

Dobretsov N. L., Moldavantsev Yu. E., Kazak A. P.,
Ponomareva L. G., Savelyeva G. N., Savelyev A. A. (1977) Pe-
trology and metamorphism of ancient ophiolites (on the ex-
ample of the Polar Urals and Western Sayan). Novosibirsk:
Nauka, Siberian Branch. 220 p. (In Russian).

Dushin V. A. (2020) Geological structure and magma-
tism of the Shchuch'insky megablock (Polar Urals). *Bulletin of
the Ural State Mining University*. 4 (60), 35–56. (In Russian).

Dushin V. A., Burmako P. L., Ronkin Yu. L., Shish-
kin M. A. (2008) Composition and new age datings of metagab-
broids of the Malyk complex in the Polar Urals. In the col-
lection: Structural-compositional complexes and problems
of geodynamics of the Precambrian of Phanerozoic orogens.
Proceedings of the international scientific conference (III
Readings in memory of S. N. Ivanov). P. 27–29. (In Russian).

Dushin V. A., Serdyukova O. P., Malyugin A. A., Ni-
kulina I. A. (2014) State Geological Map of the Russian Fed-
eration, Scale 1:200000. 2nd Edition. Sheet Q-42-VII, VIII
(Obskaya): Explanatory Note / Ed. A. P. Kazak. St. Petersburg:
Publishing House of St. Petersburg Map Factory VSEGEI.
384 p. (In Russian).

Dushin V. A., Serdyukova O. P., Malyugin A. A., Niku-
lina I. A., Koz'min V. S., Burmako P. L., Popova O. M., Ry-
balko V. A., Abaturova I. V., Krashenninnikova M. L., Koz'mi-
na L. I. (2009) State Geological Map of the Russian Feder-
ation at a scale of 1:200000. 2nd ed. Sheet Q-42-I, II (Lab-
oratory): explanatory note / ed. A. P. Kazak. St. Petersburg:
Publishing House of St. Petersburg Map Factory VSEGEI.
372 p. (In Russian).

Efimov A. A., Potapova T. A. (1996) Malyk gab-
bronorite-enderbite series of gabbroids of the Shchuchya
synclinorium (Polar Urals). In the collection: Yearbook of
the Institute of Geology and Geophysics for 1995. Ekaterin-
burg: Institute of Geology and Geophysics, Ural Branch of
the Russian Academy of Sciences. P. 82–85. (In Russian).

Zhuravlev A. Z., Zhuravlev D. Z., Kostitsyn Yu. A., Cher-
nyshov I. V. (1987) Determination of the samarium-neodym-
ium ratio for geochronological purposes. *Geochemistry*. (8),
1115–1129. (In Russian).

Ivanov K. S. (2019) Main issues of the geological his-
tory and structure of the Urals. *Ural Geological Journal*. 2
(128), 3–55. <https://www.ural-geol-j.net/2019-n2> (In Russian).

Ivanov K. S. (2013) Once again about the role of over-
burdens in the geology of the Urals. *Ural Geological Journal*.
6 (96), 71–87. <http://www.ural-geol-j.net/2013-n6> (In Russian).

Ivanov K. S. (2021v) Research of the geology of Rus-
sia from Moscow to Yakutsk (about Yu. A. Volozh, A. V. Ry-
azantsev and V. S. Shkodzinsky — new laureates of the sil-
ver medal named after Corresponding Member of the Russian
Academy of Sciences S. N. Ivanov “For outstanding results
in the field of Earth sciences and dignity”). *Ural Geological
Journal*. 3 (141), 59–68. (In Russian).

Ivanov K. S. (2015) On the methodology of geologi-
cal and stratigraphic studies of folded belts. *Ural Geologi-
cal Journal*. 4 (106), 45–58. (In Russian).

Ivanov K. S. (1987) Methods of searching for and iden-
tifying conodonts. Methodological recommendations. Sverd-
lovsk: Institute of Geology and Geochemistry, Ural Scientif-
ic Center, USSR Academy of Sciences. 117 p. (In Russian).

Ivanov K. S. (1990) On trilobite finds in Western Mu-
godzhary. New data on the geology of the Urals, Western Si-
beria and Kazakhstan. Sverdlovsk: Ural Branch of the Rus-
sian Academy of Sciences. P. 45–49. (In Russian).

Ivanov K. S. (2021a) In memory of Artur Antoninovich
Krasnobaev (1935–2021). *Ural Geological Journal*. 1 (139),
88–105. (In Russian).

- Ivanov K. S. (2021b) In memory of geologist Viktor Grigorievich Korinevsky (1937-2021). *Ural Geological Journal*. 3 (141), 104–114. (In Russian).
- Ivanov K. S. (2024) In memory of geologist Viktor Nikolaevich Puchkov (1938-2024). *Ural Geological Journal*. 4 (160), 3–25. (In Russian).
- Ivanov K. S. (1988) Development of the Sakmara zone of the Southern Urals in the Ordovician (the Ural paleocean is 480 million years old). *Doklady Akademii Nauk SSSR*. 299 (2), 428–432. (In Russian).
- Ivanov K. S., Babenko V. A., Nasedkina V. A. (1987) On the stratigraphy of volcanogenic strata of the Ordovician of the Sakmara zone of the Urals. New data on the geology of the Urals. Sverdlovsk: Ural Scientific Center of the USSR Academy of Sciences. P. 12–26.
- Ivanov K. S., Erokhin Yu. V., Hiller V. V., Rodionov N. V., Serov P. A. (2016) On the problem of the Precambrian of the eastern slope of the Urals (on the age and nature of the Selyankinskaya strata of the Ilmenogorsk zone). *Regional Geology and Metallogeny*. 68, 21–29. (In Russian).
- Ivanov K. S., Puchkov V. N. (1984) Geology of the Sakmara zone of the Urals (new data). Preprint. Sverdlovsk: UC USSR Academy of Sciences. 86 p. (In Russian).
- Ivanov K. S., Puchkov V. N. (2022) Structural and formational zones of the Ural folded belt: data review and development of new ideas. *Geotectonics*. 6, 78–113. (In Russian).
- Ivanov K. S., Puchkov V. N., Babenko V. A. (1990) Finds of conodonts and graptolites among metamorphosed strata in the Southern Urals. *Doklady Akademii Nauk SSSR*. 310 (3), 676–679. (In Russian).
- Ivanov K. S., Puchkov V. N., Nasedkina V. A., Pelevin I. A. (1989) First results of the revision of the stratigraphy of the Polyakov suite based on conodonts. Yearbook-1988. Sverdlovsk: IGG UrB AN USSR. P. 12–13. (In Russian).
- Ivanov K. S., Pushchaev A. M., Puchkov V. N. (1984) New data on the stratigraphy and tectonics of the eastern edge of the Magnitogorsk zone of the Urals. New data on the paleontology and biostratigraphy of the Paleozoic of the Urals. Sverdlovsk: Ural Scientific Center of the USSR Academy of Sciences. P. 51–70. (In Russian).
- Ivanov K. S., Snigireva M. P., Myannik P., Borozdina G. N. (2004) Conodonts and Biostratigraphy of Volcanic-Siliceous Deposits of the Early Paleozoic Revealed by the Ural Super-deep Well SG-4. *Litosfera*. 4, 89–101. (In Russian).
- Ivanov K. S., Fedorov Yu. N., Ronkin Yu. L., and Erokhin Yu. V. (2005) Geochronological Studies of the Basement of the West Siberian Oil and Gas Megabasin: Results of 50 Years of Research. *Litosfera*. 3, 117–135. (In Russian).
- Korinevsky V. G. (1989) Paleozoic ophiolites of the Southern Urals. *Geotectonics*. 2, 34–44. (In Russian).
- Kostitsyn Yu. A. (2004) Sm-Nd and Lu-Hf isotope systems of the Earth: do they correspond to chondrites? *Petrology*. 12 (5), 451–466. (In Russian).
- Krasnobaev A. A. (1985) Problems of Precambrian geochronology in the Urals // In the book: “Yearbook-1984”. Sverdlovsk: Ufa Scientific Center of the USSR Academy of Sciences. P. 26–30. (In Russian).
- Kulagina E. I., Kochetova N. N., Artyushkova O. V., Mavrinskaya T. M., Maslov V. A., Puchkov V. N., Baryshev V. N., Gorozhanin V. M., Gorozhanina E. N., Nikolaeva S. V., Kononova L. I., Alekseev A. S., Barskov I. S., Goreva N. V., Gatovsky Yu. A., Ivanova R. M., Kucheva N. A., Stepanova T. I., Chernykh V. V., Misens G. A., Yarkova A. V., Moseichuk V. M., Kashina L. V. Pazukhin (2013) Vladimir Nikolaevich (1951–2013). *Geological collection*. 10, 283–285. (In Russian).
- Maslov V. A., Artyushkova O. V. (2002) Stratigraphy and correlation of Devonian deposits of the Sibay-Baimak region of Bashkiria. Ekaterinburg: IG Ufa Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 199 p. (In Russian).
- Maslov V. A., Artyushkova O. V. (2010) Stratigraphy and correlation of Devonian deposits of the Magnitogorsk megazone of the Southern Urals. Ufa: DesignPoligrafService. 288 p.
- Maslov V. A., Artyushkova O. V. (2000) Stratigraphy of Paleozoic formations of the Uchalinsky region of Bashkiria. Ufa. 123 p. (In Russian).
- Maslov V. A., Artyushkova O. V., Baryshev V. N. (1987a) Stratigraphic subdivision of Devonian deposits of the Magnitogorsk megasynclinalorium. *Soviet geology*. 9, 61–71. (In Russian).
- Maslov V. A., Artyushkova O. V., Baryshev V. N. (1984) Stratigraphy of ore-bearing Devonian deposits of the Sibay region. Ufa: IG Ufa Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 100 p. (In Russian).
- Maslov V. A., Artyushkova O. V., Mavrinskaya T. M., Yakupov R. R. (1998) Ordovician deposits of the Southern Urals. Paleogeography of the Vendian — Early Paleozoic of Northern Eurasia. Ekaterinburg. P. 67–74. (In Russian).
- Maslov V. A., Artyushkova O. V., Pavlov V. V., Baryshev V. N. (1987b) Substantiation of the age of conodont fauna of volcanogenic-sedimentary strata of the Uzunkyr zone (Yuldashevskaya structure area). Preprint. Ufa. 31 p. (In Russian).
- Maslov V. A., Cherkasov V. L., Tishchenko V. T., Smirnova I. A., Artyushkova O. V., Pavlov V. V. (1993) Stratigraphy and correlation of volcanogenic complexes of the main copper pyrite regions of the Southern Urals. Ufa: UC RAS. 216 p. (In Russian).
- Ovchinnikov L. N., Stepanov A. I., Voronovsky S. N. (1981) On the causes of distortion of potassium-argon dates. Problems of geochronology and isotope geology. Moscow: Nauka. P. 3–31. (In Russian).
- Plotitsyn A. N. (2024) In memory of Vladimir Stepanovich Tsyganko (13.02.1938–28.09.2024). *Herald of Geosciences*. 9 (357), 42–44. (In Russian).
- Prokin V. A., Seravkin I. B., Buslaev F. P., Snachev V. I., Puchkov V. N., Maslov V. A., Ivanov K. S., Kontar' E. S., Dushin V. A., Elokhin V. A., Tsybalyuk A. V., Yazeva R. G., Vostroknutov G. A., Kholodnov V. V., Kabanova L. Ya., Nasedkin A. P., Papulov N. B., Ivanov S. N., Necheukhin V. M., Lyadsky P. V. (1992) Copper pyrite deposits of the Urals: formation conditions. Ekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. 312 p. (In Russian).
- Puchkov V. N. (1973) Finds of conodonts in the Paleozoic of the Northern Urals and their stratigraphic significance. *Doklady USSR Academy of Sciences*. 209 (3), 668–670. (In Russian).

- Puchkov V.N., Ivanov K.S. (1985) First information on the volcanogenic-siliceous strata of the Ordovician in the east of the Urals. *Doklady USSR Academy of Sciences*. 285 (4), 966–970. (In Russian).
- Puchkov V.N., Ivanov K.S. (2020) Tectonics of the Northern Urals and Western Siberia: General History of Development. *Geotectonics*. 1, 41–61. (In Russian).
- Ronkin Yu.L., Maslov A.V., Sindern S. (2020) U-Pb (ID-TIMS) geochronological method and SIMS techniques for in situ zircon dating: possibilities and limitations. *Lithosphere*. 20 (3), 411–431. (In Russian).
- Ronkin Yu.L., Stepanov A.I. (2013) L. N. Ovchinnikov and methods of isotope geology in the Urals and the USSR: on the centenary of his birth. *Minerals: structure, properties, research methods*. 5, 157–159. (In Russian).
- Ronkin Yu.L., Chaschukhin I.S. (2024) The Kraka Iherzolite massifs (Southern Urals): geochemistry, geochronology, genesis, geodynamics. *Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*. 3 (69), 5–17. (In Russian).
- Ryazantsev A.V., Dubinina S.V., Kuznetsov N.B., Belova A.A. (2008) Ordovician structural-formational complexes in allochthons of the Southern Urals. *Geotectonics*. 5, 49–78. (In Russian).
- Sergeev S.A., Pushkarev Yu.D., Lokhov K.I., Sergeev D.S. (2015) Review of modern methods of isotope geochronology (part of the Geochronological Atlas) St. Petersburg: VSEGEI. 31 p. https://karpinskyinstitute.ru/ru/info/geochron-atlas/geoch-atlas_obzor.pdf (In Russian).
- Smirnov V.N., Borozdina G.N., Desyatchichenko L.I., Ivanov K.S., Medvedeva T.Yu., Fadeicheva I.F. (2006) On the Time of the Opening of the Ural Paleoocean. *Geology and Geophysics*. 47 (6), 755–761. (In Russian).
- Stratigraphic schemes of the Urals (Precambrian, Paleozoic) (1993). Ekaterinburg: Ural. geological-surveying expedition, 152 sheets of schemes. (In Russian).
- Fore G. (1989) Fundamentals of Isotope Geology. Moscow: Mir. 590 p. (In Russian).
- Shanin L.L., Volkov V.N., Litsarev M.A., Arakelyants M.M., Goltsman Yu.V., Ivanenko V.V., Bairova E.D. (1979) Criteria for the reliability of radiological dating methods. Ed. A. M. Borsuk. Moscow: Nauka. 207 p. (In Russian).
- Shatskiy V.S., Simonov V.A., Yagouts E., Kozmenko O.A., Kurenkov S.A. (2000) New data on the age of eclogites of the Polar Urals. *Doklady USSR Academy of Sciences*. 371 (4), 519–523. (In Russian).
- Ludwig K.R. (2001) SQUID 1.02, A User Manual, A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. Berkeley: Berkeley Geochronology Center Special Publication.

Сведения об авторе:

Иванов Кирилл Святославич, д-р геол.-минерал. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого Уральского отделения РАН (ИГГ УрО РАН), г. Екатеринбург, Россия, ivanovks55@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8292-4658>

About the author:

Kirill Svyatoslavich Ivanov, D. Sc. (Geol., Mineral.), Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (IGG UB RAS), Yekaterinburg, Russia, ivanovks55@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8292-4658>

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 07.05.2026; одобрена после рецензирования 05.06.2026; принята к публикации 01.07.2026

The article was submitted 07.05.2026; approved after reviewing 05.06.2026; accepted for publication 01.07.2026