

Научная статья

УДК: 552.32+551.215+550.4.02

DOI: 10.37102/0869-7698_2023_230_04_1

EDN: ARSAVW

Проблема возраста Охотско-Чукотского вулканогенного пояса в свете данных о разновременности формирования его звеньев

В.Ф. Полин

Владимир Федорович Полин

кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник
Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, Россия
vfpolin@mail.ru
<http://orcid.org/0000-0002-8765-145X>

Аннотация. Рассмотрены основные черты строения и отмечены этапы изучения возраста Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (ОЧВП); акцентированы проблемы, стоявшие перед исследователями, занимавшимися вопросами времени заложения и завершения становления этой глобальной вулканогенной структуры. Показано, что накопленные за два последних десятилетия результаты высокоточного (U/Pb и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) датирования вулканогенных пород и их интрузивных комагматов свидетельствуют о наличии значимых временных разрывов между становлением идентичных по составу и положению в разрезе магматогенных комплексов надсубдукционного типа в трех крупных фрагментах ОЧВП: главном дуговом звене и примыкающих к нему фланговых зонах, что указывает на разновременность формирования составных частей вулканогена. Образование главного дугового звена (Тауйско-Чаунской аркоклинали) шло с задержкой на 9(?)–11 млн лет относительно Западно-Охотской фланговой зоны и с опережением на 5(?)–8 млн лет относительно Восточно-Чукотской зоны. Полученные данные совместно со сведениями по альбскому магматизму Северо-Востока России позволяют предположить, что в альбе, в период развития в обстановке трансформной окраины той части региона, которая впоследствии стала главным дуговым звеном ОЧВП, область будущего запад-юго-западного звена пояса (Западно-Охотской фланговой зоны) была ареной активного вулканизма режима конвергентной окраины.

Ключевые слова: Охотско-Чукотский вулканогенный пояс, Тауйско-Чаунская аркоклинали, фланговые зоны, изотопное датирование

Для цитирования: Полин В.Ф. Проблема возраста Охотско-Чукотского вулканогенного пояса в свете данных о разновременности формирования его звеньев // Вестн. ДВО РАН. 2023. № 4. С. 5–19. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2023_230_04_1.

Благодарности. Автор признателен В.В. Иванову, С.В. Высоцкому и рецензенту за замечания и предложения, сделанные в ходе обсуждения рукописи статьи и ее рецензирования, а также Л.С. Цуриковой за помощь в техническом оформлении рисунка.

Original article

The Okhotsk-Chukotka volcanic belt problem of the age in the light of data on the different timing of the formation of its links

V.F. Polin

Vladimir F. Polin

Candidate of Sciences in Geology and Mineralogy, Senior Researcher
Far East Geological Institute, FEB RAS, Vladivostok, Russia
vfpolin@mail.ru
<http://orcid.org/0000-0002-8765-145X>

Abstract. The main features of the structure are considered and the stages of studying the age of the Okhotsk-Chukotka volcanic belt (OCVB) are noted, the problems faced by researchers dealing with the time of the foundation and completion of the formation of this global volcanic structure are emphasized. It is shown that the results of high-precision (U/Pb and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) dating of volcanogenic rocks and their intrusive comagmates accumulated over the last two decades indicate the presence of significant time gaps between the formation of magmatogenic complexes of the suprasubduction type identical in composition and position in the section in three large fragments of the OCVB: the main arc link and the flanking zones adjacent to it, which indicates the different timing of the formation of the components of the volcanogen. The formation of the main arc link (the Taii-Chaun arcocline) was delayed by 9 (?)-11 million years against the West Okhotsk flank zone and 5 (?)-8 million years ahead of the East Chukchi zone. The data obtained, together with information on the Albian magmatism of the North-East of Russia, suggest that in the Alb, during the development in the conditions of the transform continental margin of that part of the region, which later became the main arc link of the OCVB, the area of the future west-southwest link of the belt (West Okhotsk flank zone) was the scene of active volcanism convergent edge mode.

Keywords: Okhotsk-Chukotka volcanogenic belt, Taii-Chaun arcocline, flanking zones, isotope dating

For citation: Polin V.F. The Okhotsk-Chukotka volcanic belt problem of the age in the light of data on the different timing of the formation of its links. *Vestnik of the FEB RAS*. 2023;(4):5-19. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2023_230_04_1.

Acknowledgments. The author is grateful to V.V. Ivanov, S.V. Vysotsky and a reviewer for comments and suggestions made during the discussion of the manuscript of the work and its review, as well as L.S. Tsurikova for assistance in the technical design of the drawing.

Funding. The study was carried out within the framework of the state task of the FEGI FEB RAS.

Введение

Охотско-Чукотский вулканогенный пояс (ОЧВП) протягивается более чем на 3200 км от побережья Удской губы (бассейн р. Киран, юго-западное Приохотье), через северо-восток России до Берингова пролива (район пос. Чаплино), при ширине от 100 до

350 км (см. ниже рисунок). Образовалась эта геологическая структура в меловом периоде в результате активной вулканической деятельности. Сложен пояс как вулканическими, так и интрузивными породами, с преобладанием вулканитов и ассоциированных с ними пирокластических и реже вулканогенно-осадочных пород. Формировался он в целом в течение примерно 33–34 млн лет (точный период его становления дискутируется до настоящего времени) на границе континентального Верхояно-Чукотского и Корякско-Камчатского коллажей террейнов и представляет собой самостоятельную структуру земной коры.

ОЧВП – один из крупнейших структурных элементов Северо-Востока России – выполнен мощными (до 5000 м) толщами субэральными (образовавшимися в воздушной среде) вулканогенных образований, совмещенными с их интрузивными комагматами (застывшими на глубине магматическими породами, образованными из той же магмы, что и вулканисты). Общий объем изверженного материала в ОЧВП оценивается в более чем 1,2 млн км³ [1, 2], возможно, достигает 2 млн км³ [3]. Современная площадь его распространения (без учета эродированных вулканитов) приближается к 400 тыс. км² [4], по другим данным – к 500 тыс. км² [5]. Пояс считается тектонотипом краевых вулканогенных поясов (в понимании Н.С. Шатского, А.А. Богданова, Е.К. Устиева, В.Е. Хаина, М.В. Муратова), что заставляет обращать особое внимание на тщательное изучение строения и истории развития данной структуры, а хорошая сохранность вулканических разрезов и широкое развитие вулканоплутонических ассоциаций в этой мегаструктуре позволяют решать здесь фундаментальные вопросы петрологии, тектоники и стратиграфии континентального мела [3]. Изучение ОЧВП помимо упомянутых причин и прикладных аспектов, связанных с его промышленной золотосеребряной рудоносностью, важно также для целей интерпретации палеогеографии и палеогеодинамики региона, поскольку он перекрывает многие аккрецированные (причлененные к континенту) террейны Северо-Восточной России. Сведения о возрасте заложения и завершения ОЧВП, продолжительности вулканоплутонизма в нем являются ключевой информацией, необходимой для оценки достоверности существующих блоково-коллизийных или иных моделей происхождения Охотского моря [6, 7] и фундаментальных причин возникновения и затухания окраинно-континентального вулканизма [8–10 и др.]. Вопрос этот приобрел особую остроту вследствие появления доказательств разновременности формирования его звеньев (работы В.Ф. Полина и его коллег).

Цели и задачи исследования. В свете изложенного выше *цель* работы видится в критическом обзоре представлений о возрасте ОЧВП и определении следствий полученных недавно доказательств разновременности формирования его главных звеньев при решении вопроса о времени начала и завершения становления пояса и оценке валидности существующих моделей формирования Охотского моря, выявлении причин и последовательности проявлений окраинно-континентального вулканизма на Северо-Востоке Азии.

Для достижения ее решалось несколько *задач*: 1) рассмотрение проблемы возраста ОЧВП в ретроспективе; 2) оценка эволюции представлений о возрасте пояса и степени важности задач, стоявших перед исследователями вулканогена: фито-стратиграфами, геохронологами и составителями геологических карт; 3) синтез и анализ новых результатов высокоточных определений возраста магматогенных комплексов ОЧВП и связанного с ними оруденения; 4) определение возможных следствий полученных выводов для оценки степени достоверности существующих геодинамических моделей и уточнения границ между звеньями вулканогена.

Краткая история изучения возраста ОЧВП

Впервые об этой структуре упоминал еще в начале 1930-х годов известный исследователь Северо-Востока России С.В. Обручев [11]. Различные аспекты проблемы геохронологии (определения геологического возраста) Охотско-Чукотского вулканического пояса – одной из крупнейших окраинно-континентальных магматических провинций

фанерозоя – обсуждаются и широко дискутируются на протяжении уже более 70 лет, начиная с ранних работ Е.К. Устиева, обосновавшего выделение этой крупнейшей вулканогенной структуры в конце 40-х и в 50–60-е годы прошлого столетия [12, 13 и др.], когда результаты систематического геологического изучения территории Северо-Востока Азии сделали возможными крупные региональные обобщения. До конца 1990-х годов одним из главных источников информации о возрасте субаэральных (сформированных на суше) вулканогенных толщ были отпечатки ископаемой флоры (см., напр., [1, 5, 14–20 и др.]). В этот период значительный вклад в разработку проблемы внесли работы В.Ф. Белого, Б.В. Белой, В.А. Вахрамеева, А.Б. Германа, Л.Б. Головнёвой, А.Ф. Ефимовой, И.Н. Котляра, Е.Л. Лебедева, В.С. Маркевич, Эд.Б. Невретдинова, В.А. Самылиной, А.А. Сидорова, И.М. Сперанской, Р.Б. Умитбаева, Н.И. Филатовой, Г.Г. Филипповой, С.В. Щепетова и их соавторов, равно как большого отряда геологов-производственников, проводивших планомерную геологическую съемку территории ОЧВП в 1950–1990-е годы. Для определения возраста вулканитов и магматитов эти исследователи использовали как палеофитологические методы, так и К-Аг, Rb-Sr изотопные датировки по валу пород, впрочем, не обладающие достаточной степенью точности и воспроизводимости результатов [3, 4 и др.].

Внедрение в широкую практику высокоточных методов локального изотопного датирования минералов (SHRIMP, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) показало очень хорошую воспроизводимость дат для одних и тех же объектов, полученных этими методами, в отличие от К-Аг и Rb-Sr датировок. Использование прецизионных методов позволило, начиная с двухтысячных годов, выйти на новый уровень изучения геохронологии вулканогена, при получении возможности датировать комплексы, лишенные растительных остатков, и при этом избегать неопределенностей, связанных с оценкой возраста палеофлоры [4, 21–23 и др.]. Основываясь на результатах изотопной периодизации, определением возраста различных образований пояса в разных его сегментах активно занимались В.В. Акинин, В.Ф. Белый, Е.В. Ватрушкина, А.В. Ганелин, И.Л. Жуланова, В.О. Исполатов, И.Н. Котляр, В.Ф. Полин, Т.Б. Русакова, В.Г. Сахно, П.Л. Тихомиров, а также иностранные исследователи Дж.К. Хоуриган (J.K. Hourigan), С.П. Келли (S.P. Kelley), П.В. Лейер (P.W. Layer), Р.Дж. Ньюберри (R.J. Newberry), В.Л. Пиз (V.L. Pease) и их соавторы.

Эволюция представлений о возрасте и составе ОЧВП

Необходимо подчеркнуть, что в течение 60–70 лет, прошедших со времени публикации первых обзорных работ по геологии ОЧВП [12, 13 и др.], представления о возрасте этой структуры существенно менялись. Ранние его исследователи, включавшие в состав поясовых неокомовые (первая половина раннего мела: ~145–125 млн л.н.), ранне-поздне-меловые и поздне-меловые–палеогеновые толщи, считали, что ОЧВП формировался на протяжении всего мелового и отчасти палеогенового периодов (от ~145 млн до ~44 млн л.н.) [12, 23–26 и др.]; другие ограничивали возраст вулканического пояса интервалом (ранний?) средний альб – поздний сеноман (~110?) 106–94 млн л.н.) [1, 15, 27–30 и др.].

Суть противоречия в представлениях тех и других авторов состояла в том, что В.Ф. Белый и его соратники объем Охотско-Чукотского пояса в вещественном выражении понимали по-иному, нежели Е.К. Устиев и его последователи. Различия их подходов в самых общих чертах состояли в том, что основоположники учения о краевых вулканогенных поясах, в число которых входил Е.К. Устиев, объединяли в ОЧВП почти непрерывную полосу субаэральных и прибрежно-морских вулканогенных толщ, протянувшуюся от Удской губы до Берингова пролива и отделенную от нижележащих образований резко выраженным угловым несогласием. В.Ф. Белый в ряде конкретных случаев это «правило» нарушал, исключая из состава пояса крупные поля неокомовых (первая половина раннего мела, ~145–125 млн л.н.) вулканитов преимущественно основного и среднего составов, лежащие на структурах основания резко несогласно. Именно это и привело его к выводу

о том, что формирование ОЧВП «происходило в довольно узком интервале времени» [1, с. 62], хотя границы этого интервала Василий Феофанович пересматривал в своих работах несколько раз, так что длительность становления пояса в его представлении изменялась от 5–15 млн до 20–25 млн лет [1, 2, 15, 29 и др.].

Противоречие в подходах к составу Охотско-Чукотского вулканогена было устранено в 1980-х годах, когда Л.М. Парфеновым [31], а затем Н.И. Филатовой [32] было предложено, с учетом новых геологических данных, исключить из состава пояса вулканогенные толщи позднеюрского и неокомового возрастов, накопленные преимущественно в мелководных морских, реже субаэральных условиях и отделенные от более молодых толщ исключительно субаэральных вулканитов поверхностью несогласия. Предложение было принято большинством исследователей пояса, что привело к автоматическому «уменьшению» его объема и «сокращению» времени становления и позволило «поместить» его образования во временные и пространственные рамки, близкие к ранее предложенным В.Ф. Белым. Вулканогенная мегаструктура (предшественница ОЧВП), объединяющая позднеюрско-раннемеловые вулканиты и комагматичные им интрузивы, северный фрагмент которой В.Ф. Белый предлагал ранее [1 и др.] называть Тайгоносской тектонической зоной или Тайгоносской геосинклиналью, получила название Удско-Мургальской вулканической дуги (УМД) или вулканического пояса (УМВП) [31, 32]. Такой подход позволил более корректно увязывать изотопно-геохронологические определения возраста вулканогенных комплексов УМД и ОЧВП с их фитостратиграфическими (основанными на данных определения возраста по набору ископаемых останков флор) возрастными характеристиками и способствовал устранению ряда противоречий в вопросе о времени начала деятельности ОЧВП.

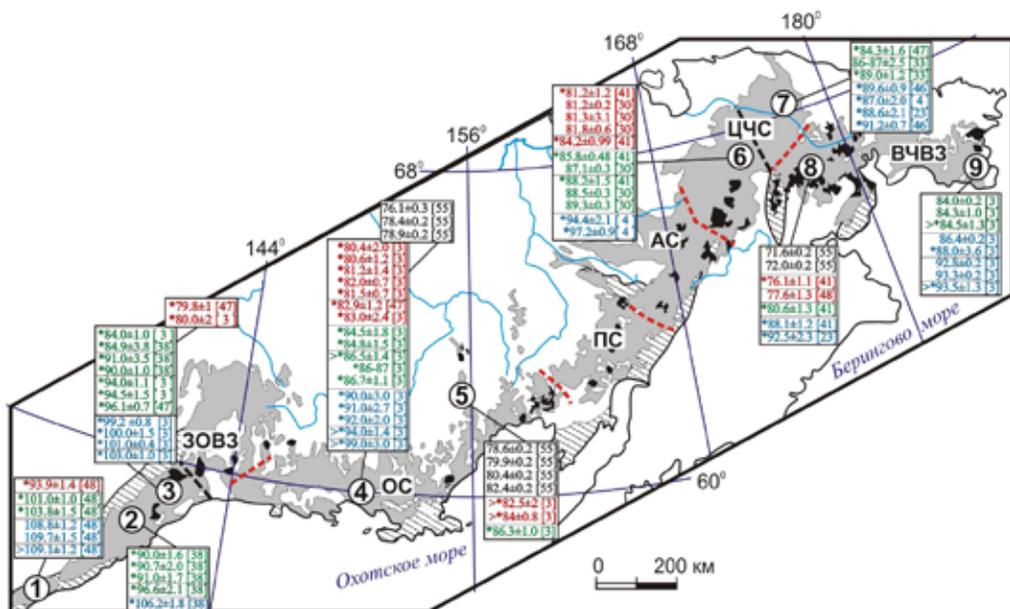
Ревизия возраста ОЧВП

В последние два десятилетия появилась серия работ, по сути революционных, в которых предприняты активные усилия по ревизии представлений о возрасте ОЧВП на основании новых (высокоточных) аргон-аргоновых и уран-свинцовых датировок вулканогенных пород и их комагматов [3, 30, 33–49 и др.]. Анализ представленных в них прецизионных возрастных датировок пород ОЧВП и структур его основания позволил провести геохронологическую коррекцию стратонов в разных частях Охотско-Чукотского пояса и ряда вулканических толщ его фундамента, откорректировать возраст их формирования и наметить главные импульсы вулканизма в «допоясовой» и «поясовой» истории развития Чукотки и Приохотья. Как отмечается в [3], современные геохронологические данные позволили уточнить общий интервал становления ОЧВП, выделить главные пики магматизма как в целом для пояса, так и для отдельных его секторов и зон, обосновать импульсный характер вулканоплутонизма, по-новому взглянуть на общую длительность и отметить асинхронность развития вулканогена в разных его сегментах.

По современным представлениям, основанным на результатах цитированных выше работ, формирование ОЧВП в целом приходится на интервал ~110–76 млн лет (ранний альб – средний кампан, согласно геохронологической шкале [50]). При этом установлено, что в некоторых сегментах вулканогена извержения вулканитов начались значительно позже середины альбского века (~106 млн лет назад), традиционно (вслед за В.Ф. Белым) принимаемой многими исследователями за время начала становления пояса, а именно: в сеномане (~97–96 млн л.н.) – в пределах центральной части ОЧВП, в так называемой Тауйско-Чаунской аркоклинали¹, и даже сеноне (~93–92 млн л.н.) – в Восточно-Чукотской вулканической (фланговой) зоне [3, 4, 23, 41 и др.].

¹ От латинского «arcus» (арка, дуга) и греческого «klino» (наклоняю) – термин, предложенный В.Ф. Белым для обозначения центральной звена ОЧВП, имеющего в плане пологовыпуклую (дугообразную) к востоку форму. «Тауйско-Чаунская аркоклиналь» является устоявшимся региональным термином из работ В.Ф. Белого.

При интерпретации полученного, уже немало, объема новой геохронологической информации была уточнена структурная принадлежность ряда толщ и свит либо к ОЧВП, либо к его предшественникам или вообще чужеродным по отношению к поясу структурам. В частности, было показано, что тытыльвээмская свита (комплекс), развитая на северо-западном фланге Анадырского сектора ОЧВП, принадлежит не этому поясу, а Тытыльвээмскому вулканическому прогибу (поясу?) запад-северо-западного простирания [4, 49 и др.] и является одной из предшественниц ОЧВП. Появились также факты, свидетельствующие о неверности отнесения к низам ОЧВП саламихинской свиты [1] базальт-андезибазальтового состава (тоже Анадырский сектор, его западный фланг). Для нее работами П.Л. Тихомирова с коллегами [36] был определен среднеальбский (~105 млн лет) изотопный возраст, не увязывающийся со среднесеноманским (~97 млн лет) возрастом угаткынской свиты [4, 41] из основания разреза пояса в смежном с Анадырским Центрально-Чукотском секторе (см. рисунок). С учетом того, что Яблоно-Мечкерёвская структура, в которой проявлена саламихинская свита, лишь примыкает к ОЧВП с запада и имеет иной, резко дискордантный простиранию пояса структурный план, иной тип деформаций, иной состав вулканогенных пород, чем типичные поясовые вулканиды близкой кремнекислотности и



Прецизионные возрастные характеристики золотосеребряных руд и представительных проб пород из ключевых разрезов Охотско-Чукотского вулканического пояса (по: [3], см. также: [48]; с изменениями и дополнениями). Названия секторов и фланговых зон пояса приведены по [1]: ЗОВЗ – Западно-Охотская вулканическая зона; ОС – Охотский сектор; ПС – Пенжинский сектор; АС – Анадырский сектор; ЦЧС – Центрально-Чукотский сектор; ВЧВЗ – Восточно-Чукотская вулканическая зона. Утолщенные красные штриховые линии – границы сегментов ОЧВП, по В.Ф. Белому; утолщенные черные штриховые линии – предлагаемые автором новые границы между главным дуговым звеном пояса и его фланговыми зонами. Серая заливка – выходы основного объема известково-щелочных магм ОЧВП; черные области – обнажения постпоясовых континентально-рифтогенных базальтов; косой штриховкой обозначены участки распространения пород «предшественников» ОЧВП – Удско-Мургальской вулканической дуги и одновозрастных с ней магматогенных образований Чукотки. Цифры в кружках указывают положение ключевых разрезов вулканических пород, изученных автором и предшественниками. Цифровые колонки содержат величины изотопных определений возраста (надсубдукционных) образований ОЧВП и золотосеребряных руд: цифры со звездочкой – SHRIMP определения, прочие – $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датировки. В квадратных скобках – ссылка на литературный источник. Синим шрифтом обозначены возрасты пород формации «нижних андезитов», зеленым – «ингнимбритовых» (по: [1]) формаций, красным – золотосереброносной трахидацит-трахириолитовой формации, завершающей становление пояса, черным – золотосеребряного оруденения. Формационная принадлежность проб с ЮВ оконечности Чукотского полуострова указана в интерпретации автора статьи

сходного положения в разрезе, можно сделать вывод, что структура эта, вместе с выполняющими ее средне- и позднеальбскими вулканитами, не принадлежит Охотско-Чукотскому вулканогену, а является более древней по заложению структурой (сопоставимой по этому признаку с Тытыльвээмским прогибом), на которую наложены образования ОЧВП.

Схожая ситуация оказалась и с альбскими пучевээмской (107,3–103 млн лет) и этчикуньской (110,3–105 млн лет) свитами, развитыми к северо-западу и северу от границ Центрально-Чукотского сектора (ЦЧС) ОЧВП и отчасти на флангах его Пегтымельского прогиба. Судя по возрасту [4, 36, 46 и др.] и структурному плану выходов, типу деформаций, набору «руководящих» форм флоры, минеральному и петрогеохимическому составу, типу изменений (см. [1, 51], а также материалы геолого-съёмочных работ (МГСР), они являются производными тектономагматического этапа, предшествовавшего становлению ОЧВП на территории Чукотки. При этом установлено [46], что этчикуньская свита, в ее традиционном понимании, представлена на самом деле двумя свитами разных составов: субщелочного андезибазальт-андезитового с дацитами (нижняя, шошонит-латитовая, собственно этчикуньская) и дациандезит-андезидацитового (верхняя, известково-щелочная) – и разных возрастов: альбского (110,3–105,0 млн лет) – нижняя и турон-коньякского (89,6 млн лет) – верхняя. Верхняя свита хорошо коррелирует по возрасту и составу с вулканитами чаунской серии ОЧВП. Как и угаткынская свита из сравнительно недалеко расположенного района оз. Эльгыгытгын (бассейн верхнего течения р. Угаткын), она залегает в основании разреза чаунской серии ОЧВП, что указывает на *гомодромный* характер эволюции вулканизма в Центрально-Чукотском секторе (ЦЧС) [46], наблюдаемый также в большинстве других секторов пояса. Факт этот аннулирует представления В.Ф. Белого [1 и др.] об *антидромности* проявлений поясового вулканизма в пределах Пегтымельского прогиба и в корне меняет многие из устоявшихся представлений о схеме эволюции окраинно-континентального вулканизма во «внешней» (по В.Ф. Белому) зоне пояса.

К разряду курьезных случаев получения и интерпретации данных высокоточной изотопной геохронологии следует отнести выделение в Пегтымельском прогибе Центрально-Чукотского сектора локального участка якобы сверхбыстрого, катастрофического (в течение ~1 млн лет против ~16–20 млн лет в других секторах вулканогена) развития пояса [34]. Идея эта была поддержана в последующих работах В.В. Акинина и П.Л. Тихомирова с их соавторами (см., напр., [3, 4, 36, 52]), впрочем без геологического и/или петрологического обоснования. Согласно представлениям этих исследователей, в Пегтымельском прогибе вулканические породы, гигантским объемом около 113 тыс. км³, были извержены менее чем за 2 млн лет, что позволило предположить развитие здесь в коньяке (~88–86 млн л.н.) «гигантской магматической провинции кислого состава или супервулканов» [3].

Категорическим возражением против предлагаемого варианта служит то, что рядом (в геологическом понимании), в ~200 км к запад-юго-западу, в бассейне оз. Эльгыгытгын, становление разреза пояса, идентичного пегтымельскому, заняло около 16 млн лет (от ~97 до 81 млн л.н.) [4, 39, 41]. По логике В.В. Акинина и П.Л. Тихомирова с их соавторами, в двух пространственно сближенных, смежных геологических структурах один и тот же тип вулканогенного разреза (включающий 6 различных по составу вулканических толщ и свит общей мощностью от 2 до 4 тыс. м) сформировался за кардинально различные временные интервалы: в одном случае – примерно за 1 млн лет [34], в другом – за 16 млн лет. Такого, конечно же, не может быть. Возможности подобной ситуации противоречат как петрологические и геологические данные о времени эволюции вулканических (и вообще магматических) очагов, так и данные по фитостратиграфии этого района (см. [1 и др.] и МГСР), а также постулаты геодинамики о геологическом развитии смежных территорий одинакового строения. Немаловажно и то, что полученные другими исследователями данные высокоточной изотопной геохронологии (см., напр., [46]) из басс. р. Паляваам (тот же Пегтымельский прогиб) противоречат приводимым в [34] сведениям, указывая на более древний, туронский (91,2 млн лет), возраст пород из низов разреза пояса. Следует заметить, что и в соседних к востоку и юго-востоку от Пегтымельского прогиба Осиновском

(ОВП) и Амгуэмо-Канчаланском (АКВП) вулканических полях соответственно Центрально-Чукотского сектора (ЦЧС) и Восточно-Чукотской вулканической зоны (ВЧВЗ) формирование вулканогенных накоплений ОЧВП заняло около 17 млн лет и начиналось оно тоже в туроне (см. [23, 41], МГСР).

Кажется сложным найти иное объяснение приводимому в [34] парадоксально малому (близкому к точности метода определения) разбросу датировок начала вулканизма и его затухания, кроме предположения об ошибочном отнесении проб, взятых из одного стратона (возможно, в разных частях территории опробования?), к разным по положению в разрезе пояса вулканогенным свитам.

Разновременность формирования главных звеньев ОЧВП

Несмотря на успехи в деле определения достоверного возраста отдельных толщ, свит и интрузивных массивов ОЧВП, до недавних пор оставалась нерешенной важная проблема, связанная с резким различием датировок начала и конца формирования поясовых вулканогенных толщ и свит и комагматичных им интрузивных магматитов в трех крупных звеньях пояса: главном дуговом звене и примыкающих к нему фланговых зонах. Полученные уже к 2010 г. результаты прецизионной изотопной периодизации позволили ряду авторов установить асинхронность образования аналогичных по составу и положению в разрезе комплексов пород из разных частей пояса [3, 40, 41] и предположить неодновременность становления главного дугового звена ОЧВП (так называемой Тауйско-Чаунской аркоклинали (ТЧА), по В.Ф. Белому) и его Восточно-Чукотской фланговой зоны, с дискретным омоложением на 5(?)–8 млн лет идентичных по составу и положению в разрезе магматогенных комплексов при переходе от ТЧА к ВЧВЗ [40, 41]. Однако отсутствие надежных геохронологических сведений по крайнему юго-западному сегменту пояса (юго-западной части Западно-Охотской вулканической зоны (ЗОВЗ)) не позволяло тогда решить проблему однозначно для всего ОЧВП.

Когда же такие данные были получены и сопоставлены с ранее опубликованными результатами высокоточного датирования [48], оказалось, что в альбское время пояс начал формироваться только на своем юго-западном фланге, в пределах Преддзугджурского (ПДВП) и Ульяновского (УВП) вулканотектонических прогибов [38, 40, 41, 48]. В ПДВП поясовые вулканы проявились не позднее раннего альба ($>109 \pm 2$ млн лет) (см. рисунок); завершение надсубдукционного вулканоплутонизма (золотосереброносный тунумский комплекс) пришлось здесь на границу сеномана–турона: $93,9 \pm 1,4$ млн лет по SHRIMP определению U–Pb изотопного возраста кристаллов акцессорного магматогенного циркона из субвулканической породы этого комплекса. Близкая этой картина наблюдается и в юго-западном секторе Ульяновского прогиба ЗОВЗ [38] (см. рисунок, разрез 2). В центральной (разрез 3, бассейн верхнего течения р. Урак) и, возможно, северо-восточных частях Ульяновского прогиба начальные фазы становления пояса обнаруживают, судя по имеющимся, пока еще ограниченным, данным ([3]; разбивка возрастов по фазам дана в трактовке автора), более молодые датировки. Первая фаза (низы? еманринской свиты) имеет позднеальбский (103,0 млн лет) возраст. Возраст пород второй фазы (верхи еманринской свиты и амкинская свита) – ранне- и среднесеноманский (от 101–99 до 95–94 млн лет). Завершающие надсубдукционный этап золотосереброносные вулканоплутониты уракского комплекса датируются средним сантоном – ранним кампаном (85,5–80 млн лет). Как видим, возрасты пород соответствующих комплексов здесь уже приближаются к наблюдаемым в главном дуговом звене пояса, хотя еще не вполне им соответствуют. Вопрос о возможных причинах этого остается пока открытым.

В Охотском (ОС) и Центрально-Чукотском секторах (вероятно, и в расположенных между ними Пенжинском (ПС) и Анадырском (АС), также принадлежащих главному дуговому звену) начало становления ОЧВП пришлось на сеноман (99–94 млн лет), а

завершение – на поздний сантон – ранний–средний кампан (84–81 млн лет). В восточной части ОЧВП (Пегтымельский прогиб и Осиновское поле ЦЧС, Амгуэмо-Канчаланское поле ВЧВЗ) начало ранней стадии образования пояса датируется ранним–средним туроном (92,5–91 млн л.н., по шкале [50]); завершилась она в турон-коньякское время (90–88 млн л.н.) [4, 23, 41]. Конечный этап надсубдукционного вулканизма в ВЧВЗ (леурваамский комплекс, также золотосереброносный, как и его аналоги в других сегментах пояса) имеет здесь среднекампанский возраст (78–76 млн лет) [41]. Лишь в Румилетской кальдере (крайний ЮВ фланг ВЧВЗ), согласно [3, 43, 53], надсубдукционный этап завершился в позднем сантоне (85–84 млн лет), что, казалось бы, близко его временным характеристикам, наблюдаемым в Охотском и Центрально-Чукотском (кроме Пегтымельского прогиба и Осиновского поля) секторах ОЧВП. Однако начало поясового вулканизма здесь датируется [3, 45], почти как в Амгуэмо-Канчаланском вулканическом поле ВЧВЗ [23, 41], поздним сеноманом – ранним туроном (94–93 млн лет). Как видим, результаты периодизации завершающего этапа становления ОЧВП в Румилетской кальдере резко выбиваются из закономерности, установленной для прочих его частей: пошагового, в два этапа, омоложения комплексов надсубдукционных вулканоплутонитов от юго-западных частей пояса к северо-восточным и, далее, восточным (см. рисунок). Объяснение этой нестыковки автор видит в предположении об ошибочном отнесении на востоке Чукотского полуострова к леурваамскому комплексу более древних вулканитов и магматитов (именно: аналогов амгеньской свиты, расположенной ниже леурваамской по разрезу и также кремнекислой по составу). Обусловлено это крайне слабой геологической «обнаженностью» территории Чукотского полуострова. Как следствие недостаточное качество геологических карт отрицательно сказалось на результатах работ геологов – научных работников, занимавшихся прежде (и занимающихся ныне) изучением вещественного состава и возраста вулканических и магматических пород восточного фланга ВЧВЗ, ввиду сложности однозначной идентификации отобранных образцов по принадлежности к тому или иному вулканоплутоническому комплексу, опять же из-за недостаточной обнаженности района работ.

Сопоставление (см. рисунок) полученных к 2021 г. возрастных характеристик пород ОЧВП [3, 4, 23, 30, 33–35, 38, 41, 45–48 и др.] убедительно свидетельствует в пользу высказанной автором ранее [40, 41, 4, и др.] идеи о «ступенчатости», фрагментарности становления (в три этапа) пояса на протяжении длительного (около 33–34 млн лет) периода времени: от раннего альба до среднего кампана (от ~110 млн до ~76 млн лет). Это заключение, в свою очередь, наводит на мысль о тщетности жарких в былое время споров по поводу времени начала становления ОЧВП (работы В.Ф. Белого, И.М. Сперанской, Р.Б. Умитбаева, Н.И. Филатовой, И.Н. Котляра, Т.Б. Русаковой, И.Л. Жулановой, В.О. Исполатова, В.В. Акинина, П.Л. Тихомирова, Дж.К. Хоуригана, П.У. Лейера, Р.Дж. Ньюберри, С.П. Келли, В.Ф. Полина, В.Г. Сахно с их соавторами и др.), поскольку, как выяснилось, в разных звеньях ОЧВП даты начала (и завершения) его формирования значительно разнились.

Дополнительным, но веским аргументом в пользу представления о разновременности становления Восточно-Чукотской фланговой зоны и главного дугового звена пояса служат сведения о более молодом $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ возрасте золотосеребряного оруденения на месторождении Валунистое (АКВП ВЧВЗ) сравнительно с возрастом аналогичного оруденения (см. рисунок) на месторождениях главного дугового звена [54, 55 и др.]. Более молодые датировки оруденения Валунистого прямо соотносятся с относительно более молодым возрастом рудоносного леурваамского комплекса в ВЧВЗ [41] в сравнении с его аналогами в главном дуговом звене ОЧВП [3, 4, 30, 48 и др.]. Наблюдаемая корреляция U-Pb возрастов пород золотосереброносной формации [3, 4, 30, 41, 48, 56 и др.] с Ar-Ar возрастными парангенными им золотосеребряного оруденения [54, 55 и др.] также свидетельствует, что время становления Амгуэмо-Канчаланского вулканического поля ВЧВЗ было более поздним, чем Энмываамского вулканического поля ЦЧС и вулканических полей прочих секторов Тауйско-Чаунской аркоклинали ОЧВП.

Следствия доказанности разновозрастности звеньев ОЧВП

Важно подчеркнуть, что приводимые в [41, 48] свидетельства разновременности становления главного дугового звена и фланговых вулканических зон ОЧВП снимают весьма серьезное возражение против принятия механизма тектоники плит в приложении к происхождению ОЧВП, сделанное ранее В.Ф. Белым (который, что немаловажно, постулировал одновременность образования всех частей пояса): «... даже простейший геометрический анализ геологических структур показывает, что применять механизм тектоники плит для ОЧВП в целом невозможно (курсив мой – В.П.)» [1, с. 69]. Этим же доказательством фактически аннулируется и замечание В.В. Акинина [52], близкое по смыслу вышеприведенному, о том, что «принятию гипотезы надсубдукционного происхождения ОЧВП... препятствуют его сложная конфигурация и сегментация, далеко вдающиеся в континент линейные вулканогенные прогибы и обширные поля игнимбритов» [52, с. 2]. В.В. Акинин полагает, что упомянутые им особенности строения пояса позволяют привлекать для объяснения генезиса отдельных участков последнего «геодинамические режимы растяжений, в частности задуговое растяжение» [Там же].

Возражения и замечания В.Ф. Белого и В.В. Акинина, несомненно, имели бы крайне важное значение в случае подтверждения гипотезы одновременности формирования всех звеньев ОЧВП, но теряют смысл при доказанной в [41, 48] разновременности становления его отдельных крупных фрагментов (звеньев).

Нельзя не упомянуть еще одно важное следствие из установленных в [48] закономерностей образования разных звеньев пояса: возможность (даже необходимость) переноса границ между фланговыми зонами и главным дуговым звеном, установленных в ранних работах В.Ф. Белого и его соавторов. Граница между Тауйско-Чаунской аркоклиналью и Восточно-Чукотской фланговой зоной должна, учитывая результаты новейшего датирования, проходить западнее ее нынешнего положения, по западной границе Пегтымельского вулканогенного прогиба (см. рисунок). Рубеж между главным дуговым звеном ОЧВП и Западно-Охотской фланговой зоной необходимо сместить также на запад, возможно, на границу Куйдусунского вулканического поля и Ульинского вулканотектонического прогиба ЗОВЗ. Для окончательного решения вопроса об этой границе необходимы дополнительные геохронологические исследования.

Выводы

1. Данные прецизионной изотопной периодизации вулканитов ОЧВП свидетельствуют о разновременности проявлений идентичных стадий развития пояса в трех его крупных фрагментах: фланговых зонах и центральной дуговой части, с «дискретным» омоложением сходных по составу и положению в разрезе комплексов начиная с юго-западных флангов пояса к его северо-восточному и далее восточному звеньям. Принятие этого факта снимает с повестки дня вопрос о едином времени начала и окончания деятельности ОЧВП, поскольку в разных звеньях последнего датировка этих событий значимо разнится.

2. Наблюдаемая ситуация может быть объяснена, вслед за В.В. Акининым [3], кинематикой движения океанических плит Изанаги и Кула в Палеоокеанике в конце раннего и на протяжении большей части позднего мела, в сочетании с особенностями конфигурации тихоокеанской окраины Евразии.

3. Результаты прецизионного датирования вулканитов ОЧВП вкуче с данными по альбскому магматизму Северо-Востока России [57] позволяют полагать, что в альбе, во время развития в обстановке трансформной окраины территории, ставшей впоследствии главной дуговой частью пояса, область будущего его юго-западного звена (ЗОВЗ) была ареной вулканоплутонизма режима конвергентной окраины.

4. Результаты высокоточных методов изотопного датирования пород ОЧВП свидетельствуют о необходимости внесения корректив в положение границ между его фланговыми зонами и главным дуговым звеном.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Белый В.Ф. Стратиграфия и структуры Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. М.: Наука, 1977. 171 с.
2. Белый В.Ф. Геология Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1994. 76 с.
3. Акинин В.В., Миллер Э.Л. Эволюция известково-щелочных магм Охотско-Чукотского вулканогенного пояса // Петрология. 2011. № 3. С. 249–290. <https://doi.org/10.1134/S0869591111020020>.
4. Тихомиров П.Л. Меловой окраинно-континентальный магматизм Северо-Востока Азии и вопросы генезиса крупнейших фанерозойских провинций кремнекислого вулканизма. М.: ГЕОС, 2020. 376 с.
5. Лебедев Е.Л. Стратиграфия и возраст Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. М.: Наука, 1987. 175 с. (Тр. ГИН АН СССР; вып. 421).
6. Sengör A.M.C., Natal'in B.A., Yin A., Harrison T.M. Paleotectonics of Asia: fragments of a synthesis. Rubey colloquium // The tectonic evolution of Asia. New York: Cambridge University Press, 1996. P. 486–640. (World and regional geology).
7. Богданов Н.А., Добрецов Н.Л. Охотское океаническое вулканическое плато // Геология и геофизика. 2002. № 2. С. 101–114.
8. Вулканические пояса Востока Азии. Геология и металлогения / отв. ред. А.Д. Щеглов. М.: Наука, 1984. 504 с.
9. Ханчук А.И., Голозубов В.В., Мартынов Ю.А., Симаненко В.П. Раннемеловая и палеогеновая трансформные окраины (калифорнийский тип) Дальнего Востока России // Тектоника Азии: тез. XXX тектонического совещания. М.: ГЕОС, 1997. С. 240–243.
10. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / отв. ред. А.И. Ханчук. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1, ч. 1. С. 367–369. ISBN 5-8044-0634-5.
11. Обручев С.В. Материалы для тектоники Северо-Восточной Азии // Проблемы советской геологии. 1934. Т. 2, № 6. С. 182–200; Т. 3, № 7. С. 3–16.
12. Устиев Е.К. Мезозойский и кайнозойский магматизм Северо-Востока СССР // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. Магадан, 1949. Вып. 4. С. 30–51.
13. Устиев Е.К. Охотский тектоно-магматический пояс и некоторые связанные с ним проблемы // Сов. геология. 1959. № 3. С. 3–26.
14. Самылина В.А. Корреляция континентальных меловых отложений Северо-Востока СССР // Сов. геология. 1986. № 6. С. 43–53.
15. Красилов В.А. Развитие поздне меловой растительности западного Тихоокеанского побережья в связи с изменением климата и тектогенезом // Ископаемые флоры Дальнего Востока. Владивосток, 1975. Т. 27 (130). С. 30–42.
16. Белый В.Ф. К проблеме возраста Охотско-Чукотского вулканогенного пояса // Тихоокеан. геология. 1982. № 3. С. 101–109.
17. Невретдинов Эд.Б. Новые данные о возрасте верхнемеловых образований левобережья верховьев р. Анадырь // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. Магадан, 1980. Вып. 25. С. 226–228.
18. Филиппова Г.Г., Абрамова Л.Н. Поздне меловая флора Северо-Востока России. М.: Недра, 1993. 348 с.
19. Щепетов С.В. Стратиграфия континентального мела Северо-Востока России. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1995. 122 с.
20. Герман А.Б. Меловая флора Анадырско-Корякского субрегиона (Северо-Восток России): систематический состав, возраст, стратиграфическое и флорогенетическое значение. М.: ГЕОС, 1999. 122 с. (Тр. ГИН РАН; вып. 529).
21. Филиппова Г.Г. Стратиграфия и возраст континентальных отложений Центральной и Восточной Чукотки // Тихоокеан. геология. 2001. Т. 20, № 1. С. 85–99.
22. Герман А.Б. Арманская флора Магаданской области и развитие флор в альбе–палеоцене Северной Пацифики // Стратигр. Геол. корреляция. 2011. Т. 19 (1). С. 72–87.
23. Щепетов С.В., Герман А.Б., Тихомиров П.Л. и др. О возрасте буор-кемюсской флоры Северо-Востока Азии на основе материала из неморского мела Восточной Чукотки // Стратигр. Геол. корреляция. 2020. Т. 28, № 4. С. 125–141. DOI: 10.31857/S0869592X20040080.
24. Сидоров А.А., Берман Ю.С., Найбородин В.И. К проблеме возраста субвулканического золотосеребряного оруденения Северо-Востока СССР // Сов. геология. 1970. № 8. С. 77–85.
25. Шпетный А.П., Ичетовкин Н.В., Кайгородцев Г.Г. Магматические комплексы Северо-Востока СССР и их положение в геологических структурах // Магматизм Северо-Востока Азии: тр. Первого Сев.-Вост. петрограф. совещ. Магадан: Кн. изд-во, 1974. Ч. 1. С. 25–38.

26. Умитбаев Р.Б. К проблеме возраста Охотско-Чукотского вулканогенного пояса // Тихоокеан. геология. 1983. № 3. С. 109–114.
27. Белый В.Ф. Актуальные вопросы фитостратиграфии «среднего» мела Северо-Востока СССР. Магадан: СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1988. 33 с. (Препринт).
28. Котляр И.Н., Русакова Т.Б. Меловой магматизм и рудоносность Охотско-Чукотской области: геолого-геохронологическая корреляция. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2004. 152 с.
29. Жуланова И.Л., Русакова Т.Б., Котляр И.Н. Геохронология и геохронометрия эндогенных событий в мезозойской истории Северо-Востока Азии. М.: Наука, 2007. 358 с.
30. Белый В.Ф., Белая Б.В. Поздняя стадия развития Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (верхнее течение реки Энмываам). Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1998. 108 с.
31. Парфенов Л.М. Континентальные окраины и островные дуги в мезозоидах Северо-Востока Азии. Новосибирск: Наука, 1984. 192 с.
32. Филатова Н.И. Периокеанические вулканогенные пояса. М.: Недра, 1988. 264 с.
33. Kelley S.P., Spicer R.A., Herman A.B. New $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dates for Cretaceous Chauna Group tephra, north-eastern Russia, and their implications for the geologic history and floral evolution of the North Pacific region // *Cretaceous Res.* 1999. Vol. 20, N 1. P. 97–106. <https://doi.org/10.1006/cres.1998.0140>.
34. Ispolatov V.O., Tikhomirov P.L., Heizler M., Cherepanova I.Yu. New $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Ages of Cretaceous continental volcanics from Central Chukotka: Implications for initiation and duration of volcanism within the northern part of the Okhotsk-Chukotka volcanic belt (Northeastern Eurasia) // *J. Geol.* 2004. Vol. 112. P. 369–377.
35. Hourigan J.K., Akinin V.V. Tectonic and chronostratigraphic implications of new $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology and geochemistry of the Arman and Maltan-Ola volcanic fields, Okhotsk-Chukotka volcanic belt, northeastern Russia // *Geol. Soc. Am. Bull.* 2004. Vol. 116, N 5/6. P. 637–654.
36. Тихомиров П.Л., Акинин В.В., Исполатов В.О., Александр П., Черепанова И.Ю., Загоскин В.В. Возраст северной части Охотско-Чукотского вулканогенного пояса: новые данные Ar-Ar и U-Pb геохронологии // *Стратиграф. Геол. корреляция.* 2006. Т. 14, № 5. С. 67–81.
37. Tikhomirov P.L., Kalinina E.A., Kobayashi K., Nakamura E. Late Mesozoic silicic magmatism of the North Chukotka area (NE Russia): age, magma sources, and geodynamic implications // *Lithos.* 2008. Vol. 105. P. 329–346.
38. Мишин Л.Ф., Акинин В.В., Мишин Е.Л. Новые данные о возрасте магматических пород западного сектора Охотско-Чукотского вулканогенного пояса // *Тихоокеан. геол.* 2008. Т. 2, № 5. С. 12–24.
39. Stone D.B., Layer P.W., Raikevich M.I. Age and paleomagnetism of the Okhotsk-Chukotka Volcanic Belt (OCVB) near Lake El'gygytyn, Chukotka, Russia // *Stephan Mueller Spec. Publ. Ser.* 2009. Vol. 4. P. 243–260.
40. Полин В.Ф., Сахно В.Г., Акинин В.В., Аленичева А.А., Тихомиров П.Л., Молл-Столкап Е.Дж. Данные изотопного датирования как свидетельства разновременности формирования Центрально- и Восточно-Чукотского секторов ОЧВП // *Материалы XI Всерос. петрограф. совещ. Екатеринбург, 2010.* С. 134–135.
41. Сахно В.Г., Полин В.Ф., Акинин В.В. и др. Разновременность формирования Энмываамского и Амгуэмо-Канчаланского вулканических полей ОЧВП по данным изотопного датирования // *Докл. РАН.* 2010. Т. 434, № 3. С. 365–371. <https://doi.org/10.1134/S1028334X1009007>.
42. Tikhomirov P.L., Kalinina E.A., Moriguti T., Makishima A., Kobayashi K., Cherepanova I.Yu., Nakamura E. The Cretaceous Okhotsk-Chukotka Volcanic Belt (NE Russia): geology, geochronology, magma output rates, and implications on the genesis of silicic LIPs // *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 2012. Vol. 221/222. P. 14–32. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2011.12.011>.
43. Akinin V.V., Layer P., Benowitz J., Ntaflou Th. Age and composition of final stage of volcanism in Okhotsk-Chukotka volcanic belt: an example from the Ola plateau (Okhotsk segment) // *Proceedings of the International. Conf. on Arctic Margins VI / Eds D.B. Stone et al.* СПб.: ВСЕГЕИ, 2014. P. 171–193.
44. Vatrushkina E.V., Sergeev S.A., Sokolov S.D. Composition and geochronology of the Cretaceous volcanic formations, Central Chukotka // *7 Intern. Conf. on Arctic Margins – ICAM 2015: Abstracts.* NGU Rep. 2015.032. Trondheim, 2015. P. 137–138.
45. Pease V.L., Miller E.L., Wyld S.J., Sokolov S.D., Akinin V.V., Wright J.E. U–Pb zircon geochronology of Cretaceous arc magmatism in eastern Chukotka, NE Russia, with implications for Pacific plate subduction and the opening of the Amerasia Basin // *J. Geol. Soc. London Sp. Pub.* 2017. Vol. 460. P. 159–182. <https://doi.org/10.1144/SP460.14>.
46. Ганелин А.В., Ватрушкина Е.В., Лучицкая М.В. Новые данные о вулканизме Центрально-Чукотского сегмента Охотско-Чукотского вулканогенного пояса // *Докл. РАН.* 2019. Т. 485, № 3. С. 326–330. <https://doi.org/10.31857/S0869-56524853326-330>.
47. Геохронологический атлас-справочник основных структурно-вещественных комплексов России / ред. О.В. Петров, А.Ф. Морозов, Т.В. Чепкасова, С.С. Шевченко. СПб.: ВСЕГЕИ, 2019. URL: <http://geochron-atlas.vsegei.ru>. (дата обращения: 25.10.2022).
48. Полин В.Ф., Тихомиров П.Л., Ханчук А.И., Травин А.В. Первые данные U/Pb и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования предджуджурских вулканитов – новое свидетельство разновременности формирования отдельных звеньев Охотско-Чукотского вулканического пояса // *Докл. РАН. Науки о Земле.* 2021. Т. 497, № 2. С. 107–115. DOI: 10.31857/S2686739721040125.
49. Тихомиров П.Л., Лебедев И.Е., Люилье Ф., Павлов В.Э. Стратиграфия комплексов Охотско-Чукотского пояса в верховьях р. Малый Анной (район месторождения Купол): данные U-Pb и Ar/Ar датирования // *Докл.*

РАН. Наука о Земле. 2021. Т. 501, № 2. С. 192–198. DOI: 10.31857/S2686739721120148.

50. Cohen K.M., Finney S.C., Gibbard P.L., Fan J.-X. The ICS International Chronostratigraphic Chart // *Episodes*. 2013. Vol. 36, N 3. P. 199–204.

51. Белый В.Ф. Схема тектоники и вулканизма южной части Чаун-Чукотки // *Геол. сб. Львов. геол. об-ва*. 1958. № 5/6. С. 264–281.

52. Акинин В.В. Охотско-Чукотский вулканогенный пояс (краткая характеристика) // *Краткий путеводитель экскурсий. X Всерос. совещ. с междунар. участием «Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии»*, 24–25 сент. 2020 г. Магадан, 2020. 25 с.

53. Akinin V.V., Miller E.L., Toro J., Prokopiev A.V., Gottlieb E.S., Pearcey, G.O., Polzunenkov G.O., Trunilina V.A. Episodicity and the dance of late Mesozoic magmatism and deformation along the northern Circum-Pacific margin: north-eastern Russia to the Cordillera // *Earth-Sci. Rev.* 2020. Vol. 208. 103272. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103272>.

54. Лейер П.В., Иванов В.В., Раткин В.В., Бундцен Т.К. Эпитермальные золотосеребряные месторождения Северо-Востока России: первые $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ определения возраста руд // *Докл. РАН*. 1997. Т. 356, № 5. С. 665–668.

55. Ньюберри Р.Дж., Лейер П.У., Ганз П.Б., Гончаров В.И., Горячев Н.А., Ворошин С.В. Предварительный анализ хронологии мезозойского магматизма, тектоники и оруденения на Северо-Востоке России с учетом датировок и данных по рассеянным элементам изверженных и оруденелых пород // *Золотое оруденение и гранитоидный магматизм Северной Пацифики*. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2000. С. 181–206.

56. Акинин В.В., Ханчук А.И. Охотско-Чукотский вулканогенный пояс: ревизия возраста на основе новых $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ и U-Pb изотопных данных // *Докл. РАН*. 2005. Т. 404, № 5. С. 654–658.

57. Ханчук А.И., Гребенников А.В., Иванов В.В. Альб-сеноманские окраино-континентальный орогенный пояс и магматическая провинция Тихоокеанской Азии // *Тихоокеан. геология*. 2019. Т. 38, № 3. С. 4–37. DOI: 10.30911/0207-4028-2019-38-3-4-29.

REFERENCES

1. Belyi V.F. *Stratigrafiya i struktury Okhotsko-Chukotskogo vulkanogenного poyasa*. М.: Nauka; 1977. 171 s. (In Russ.).

2. Belyi V.F. *Geologiya Okhotsko-Chukotskogo vulkanogenного poyasa*. Magadan: SVKNII DVO RAN; 1994. 76 s. (In Russ.).

3. Akinin V.V., Miller E.L. Ehvoluytsiya izvestkovo-shchelochnykh magm Okhotsko-Chukotskogo vulkanogenного poyasa. *Petrologiya*. 2011;(3):249-290. (In Russ.). <https://doi.org/10.1134/S0869591111020020>.

4. Tikhomirov P.L. Melovoi okrainno-kontinental'nyi magmatizm Severo-Vostoka Azii i voprosy genezisa krupneishikh fanerozoiskikh provintsiy kremenekislogo vulkanizma. М.: GEOS; 2020. 376 s. (In Russ.).

5. Lebedev E.L. *Stratigrafiya i vozrast Okhotsko-Chukotskogo vulkanogenного poyasa*. М.: Nauka, 1987. 175 s. (In Russ.).

6. Sengör A.M.C., Natal'in B.A., Yin A., Harrison T.M. Paleotectonics of Asia: fragments of a synthesis. Rubey colloquium. *The tectonic evolution of Asia*. New York: Cambridge University Press; 1996. P. 486-640. (World and regional geology).

7. Bogdanov N.A., Dobretsov N.L. Okhotskoe okeanicheskoe vulkanicheskoe plato. *Geologiya i Geofizika*. 2002;(2):101-114. (In Russ.).

8. Shcheglov A.D. (ed.). *Vulkanicheskie poyasa Vostoka Azii. Geologiya i metallogeniya*. М.: Nauka; 1984. 504 s. (In Russ.).

9. Khanchuk A.I., Golozubov V.V., Martynov Yu.A., Simanenko V.P. Rannemelovaya i paleogenovaya transformnye okrainy (kaliforniiskii tip) Dal'nego Vostoka Rossii. In: *Tektonika Azii: Tezisy XXX tektonicheskogo soveshchaniya*. М.: GEOS; 1997. S. 240-243. (In Russ.).

10. Khanchuk A.I. (ed.). *Geodinamika, magmatizm i metallogeniya Vostoka Rossii*. Vladivostok: Dal'nauka; 2006. Kn. 1, ch. 1. S. 367-369. (In Russ.). ISBN 5-8044-0634-5.

11. Obruchev S.V. Materialy dlya tektoniki Severo-Vostochnoi Azii. *Problemy Sovetskoi Geologii*. 1934;2(6):182-200;3(7):3-16. (In Russ.).

12. Ustiev E.K. Mezozoiskii i kainozoiskii magmatizm Severo-Vostoka SSSR. In: *Materialy po geologii i poleznym iskopaemyim Severo-Vostoka SSSR*. Magadan; 1949. Vyp. 4. S. 30-51. (In Russ.).

13. Ustiev E.K. Okhotskii tektono-magmaticeskii poyas i nekotorye svyazannyye s nim problemy. *Sovetskaya Geologiya*. 1959;(3):3-26. (In Russ.).

14. Samylina V.A. Korrelyatsiya kontinental'nykh melovykh otlozhenii Severo-Vostoka SSSR. *Sovetskaya Geologiya*. 1986;(6):43-53. (In Russ.).

15. Krasilov V.A. Razvitiye pozdnelovoi rastitel'nosti zapadnogo Tikhookeanskogo poberezh'ya v svyazi s izmeneniyem klimata i tektogenezom. In: *Iskopaemye flory Dal'nego Vostoka*. Vladivostok; 1975. Т. 27 (130). S. 30-42. (In Russ.).

16. Belyi V.F. K probleme vozrasta Okhotsko-Chukotskogo vulkanogenного poyasa. *Tikhookeanskaya Geologiya*. 1982;(3):101-109. (In Russ.).

17. Nevretdinov Ed.B. Novye dannye o vozraste verkhnemelovykh obrazovaniy levoberezh'ya verkhov'ev r. Anadyr'. In: *Materialy po geologii i poleznym iskopaemykh Severo-Vostoka SSSR*. Magadan; 1980. N 25. S. 226-228. (In Russ.).
18. Filippova G.G., Abramova L.N. Pozdnelovaya flora Severo-Vostoka Rossii. M.: Nedra, 1993. 348 s. (In Russ.).
19. Shchepetov S.V. Stratigrafiya kontinental'nogo mela Severo-Vostoka Rossii. Magadan: SVKNII DVO RAN; 1995. 122 s. (In Russ.).
20. German A.B. Melovaya flora Anadyrsko-Koryakskogo subregiona (Severo-Vostok Rossii): sistematicheskii sostav, vozrast, stratigraficheskoe i florigeneticheskoe znachenie. M.: GEOS; 1999. 122 s. (In Russ.).
21. Filippova G.G. Stratigrafiya i vozrast kontinental'nykh otlozhenii Tsentral'noi i Vostochnoi Chukotki. *Tikhookeanskaya Geologiya*. 2001;20(1):85-99. (In Russ.).
22. German A.B. Arman'skaya flora Magadanskoj oblasti i razvitiye flor v al'be-paleotsene Severnoi Patsifiki. *Stratigrafiya. Geologicheskaya Korrelyatsiya*. 2011;19(1):72-87. (In Russ.).
23. Shchepetov S.V., German A.B., Tikhomirov P.L. i dr. O vozraste buor-kemyuskoj flory Severo-Vostoka Azii na osnove materiala iz nemorskogo mela Vostochnoi Chukotki. *Stratigrafiya. Geologicheskaya Korrelyatsiya*. 2020;28(4):125-141. (In Russ.). DOI: 10.31857/S0869592X20040080.
24. Sidorov A.A., Berman Yu.S., Naiborodin V.I. K probleme vozrasta subvulkanicheskogo zolotoserebryanogo orudneniya Severo-Vostoka SSSR. *Sovetskaya Geologiya*. 1970;(8):77-85. (In Russ.).
25. Shpetyni A.P., Ichetovkin N.V., Kaigorodtsev G.G. Magmaticheskie komplekсы Severo-Vostoka SSSR i ikh polozenie v geologicheskikh strukturakh. In: *Magmatizm Severo-Vostoka Azii: Trudy Pervogo Sev.-Vost. petrograficheskogo soveshchaniya*. Magadan: Kn. izd-vo; 1974. Ch. 1. S. 25-38. (In Russ.).
26. Umitbaev R.B. K probleme vozrasta Okhotsko-Chukotskogo vulkanogen'nogo poyasa. *Tikhookeanskaya Geologiya*. 1983;(3):109-114. (In Russ.).
27. Belyi V.F. Aktual'nye voprosy fitostratigrafii «srednego» mela Severo-Vostoka SSSR. Magadan: SVKNII DVNTS AN SSSR; 1988. 33 s. (Preprint). (In Russ.).
28. Kotlyar I.N., Rusakova T.B. Melovoi magmatizm i rudonosnost' Okhotsko-Chukotskoj oblasti: geologo-geokhronologicheskaya korrelyatsiya. Magadan: SVKNII DVO RAN; 2004. 152 s. (In Russ.).
29. Zhulanova I.L., Rusakova T.B., Kotlyar I.N. Geokhronologiya i geokhrometriya ehndogennykh sobytii v mezozoiskoi istorii Severo-Vostoka Azii. M.: Nauka; 2007. 358 s. (In Russ.).
30. Belyi V.F., Belaya B.V. Pozdnyaya stadiya razvitiya Okhotsko-Chukotskogo vulkanogen'nogo poyasa (verkhnee techenie reki Ehnmyvaam). Magadan: SVKNII DVO RAN; 1998. 108 s. (In Russ.).
31. Parfenov L.M. Kontinental'nye okrainy i ostrovnye dugi v mezozoidakh Severo-Vostoka Azii. Novosibirsk: Nauka; 1984. 192 s. (In Russ.).
32. Filatova N.I. Periokeanicheskie vulkanogen'nye poyasa. M.: Nedra; 1988. 264 s. (In Russ.).
33. Kelley S.P., Spicer R.A., Herman A.B. New ⁴⁰Ar/³⁹Ar dates for Cretaceous Chauna Group tephra, north-eastern Russia, and their implications for the geologic history and floral evolution of the North Pacific region. *Cretaceous Research*. 1999;20(1):97-106. <https://doi.org/10.1006/cres.1998.0140>.
34. Ispolatov V.O., Tikhomirov P.L., Heizler M., Cherepanova I.Yu. New ⁴⁰Ar/³⁹Ar ages of Cretaceous continental volcanics from Central Chukotka: Implications for initiation and duration of volcanism within the Northern Part of the Okhotsk-Chukotka Volcanic Belt (Northeastern Eurasia). *Journal of Geology*. 2004;112:369-377.
35. Hourigan J.K., Akinin V.V. Tectonic and chronostratigraphic implications of new ⁴⁰Ar/³⁹Ar geochronology and geochemistry of the Arman and Maltan-Ola volcanic fields, Okhotsk-Chukotka volcanic belt, northeastern Russia. *Geological Society of America Bulletin*. 2004;116(5/6):637-654.
36. Tikhomirov P.L., Akinin V.V., Ispolatov V.O., Aleksander P., Cherepanova I.Yu., Zagoskin V.V. Vozrast severnoi chasti Okhotsko-Chukotskogo vulkanogen'nogo poyasa: novye dannye Ar-Ar i U-Pb geokhronologii. *Stratigrafiya. Geologicheskaya Korrelyatsiya*. 2006;14(5):67-81. (In Russ.).
37. Tikhomirov P.L., Kalinina E.A., Kobayashi K., Nakamura E. Late Mesozoic silicic magmatism of the North Chukotka area (NE Russia): age, magma sources, and geodynamic implications. *Lithos*. 2008;105:329-346.
38. Mishin L.F., Akinin V.V., Mishin E.L. Novye dannye o vozraste magmaticheskikh porod zapadnogo sektora Okhotsko-Chukotskogo vulkanogen'nogo poyasa. *Tikhookeanskaya Geologiya*. 2008;2(5):12-24. (In Russ.).
39. Stone D.B., Layer P.W., Raikevich M.I. Age and paleomagnetism of the Okhotsk-Chukotka Volcanic Belt (OCVB) near Lake El'gygytyn, Chukotka, Russia. *Stephan Mueller Spec. Publ. Ser.* 2009;4:243-260.
40. Polin V.F., Sakhno V.G., Akinin V.V., Alenicheva A.A., Tikhomirov P.L., Moll-Stolkap E.Dzh. Dannye izotopnogo datirovaniya kak svidetel'stva raznovremennosti formirovaniya Tsentral'no- i Vostochno-Chukotskogo sektora OChVP. In: *Materialy XI Vserossiiskogo petrograficheskogo soveshchaniya*. Ekaterinburg; 2010. S. 134-135. (In Russ.).
41. Sakhno V.G., Polin V.F., Akinin V.V. i dr. Raznovremennost' formirovaniya Ehnmyvaamskogo i Amguchmo-Kanchalanskogo vulkanicheskikh polei OChVP po dannym izotopnogo datirovaniya. *Dokl. RAN*. 2010;434(3):365-371. (In Russ.).
42. Tikhomirov P.L., Kalinina E.A., Moriguti T., Makishima A., Kobayashi K., Cherepanova I.Yu., Nakamura E. The Cretaceous Okhotsk-Chukotka Volcanic Belt (NE Russia): geology, geochronology, magma output rates, and implications on the genesis of silicic LIPs. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 2012;221/222:14-32. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2011.12.011>.

43. Akinin V. V., Layer P., Benowitz J., Ntaflou Th. Age and composition of final stage of volcanism in Okhotsk-Chukotka volcanic belt: an example from the Ola plateau (Okhotsk segment). In: *Proceedings of the International Conference on Arctic Margins VI*. SPb.: VSEGEI; 2014. P. 171-193.

44. Vatrushkina E.V., Sergeev S.A., Sokolov S.D. Composition and Geochronology of the Cretaceous Volcanic Formations, Central Chukotka. In: *7 Intern. Conf. on Arctic Margins – ICAM 2015*: Abstracts. NGU Rep. 2015.032. Trondheim; 2015. P. 137-138.

45. Pease V.L., Miller E.L., Wyld S.J., Sokolov S.D., Akinin V.V., Wright J.E. U-Pb zircon geochronology of Cretaceous arc magmatism in eastern Chukotka, NE Russia, with implications for Pacific plate subduction and the opening of the Amerasia Basin. *Journal Geological Society Special Publication*. 2017;460:159-182. <https://doi.org/10.1144/SP460.14>.

46. Ganelin A.V., Vatrushkina E.V., Luchitskaya M.V. Novye dannye o vulkanizme Tsentral'no-Chukotskogo segmenta Okhotsko-Chukotskogo vulkanogennogo poyasa. *Dokl. RAN*. 2019;485(3):326-330. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0869-56524853326-330>.

47. Petrov O.V., Morozov A.F., Chepkasova T.V., Shevchenko S.S. (eds). Geokhronologicheskii atlas-spravochnik osnovnykh strukturno-veshchestvennykh kompleksov Rossii. SPb.: VSEGEI; 2019. (In Russ.). <http://geochron-atlas.vsegei.ru> (date of the application: 25.10.2022).

48. Polin V.F., Tikhomirov P.L., Khanchuk A.I., Travin A.V. Pervye dannye U/Pb i $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ datirovaniya predzhugdzhurskikh vulkanitov – novoe svidetel'stvo raznovremennosti formirovaniya otdel'nykh zven'ev Okhotsko-Chukotskogo vulkanicheskogo poyasa. *Dokl. RAN. Nauki o Zemle*. 2021;497(2):107-115. (In Russ.). DOI: 10.31857/S2686739721040125.

49. Tikhomirov P.L., Lebedev I.E., Lyuil'e F., Pavlov V.E. Stratigrafiya kompleksov Okhotsko-Chukotskogo poyasa v verkhov'yakh r. Malyy Anyui (raion mestorozhdeniya Kupol): dannye U-Pb i Ar/Ar datirovaniya. *Dokl. RAN. Nauki o Zemle*. 2021;501(2):192-198. (In Russ.). DOI: 10.31857/S2686739721120148.

50. Cohen K.M., Finney S.C., Gibbard P.L., Fan J.-X. The ICS International Chronostratigraphic Chart. *Episodes*. 2013;36(3):199-204.

51. Belyi V.F. Skhema tektoniki i vulkanizma yuzhnoi chasti Chaun-Chukotki. *Geol. sbornik L'vovskogo Geologicheskogo Obshchestva*. 1958;(5/6):264-281. (In Russ.).

52. Akinin V.V. Okhotsko-Chukotskii vulkanogennyi poyas (kratkaya kharakteristika). In: *Kratkii putevoditel' ehkskursii. X Vseross. Soveshchanie s mezhdunarodnym uchastiem Melovaya sistema Rossii i blizhnego zarubezh'ya: problemy stratigrafii i paleogeografii*, 24-25 sentyabrya 2020 g. Magadan; 2020. 25 s. (In Russ.).

53. Akinin V.V., Miller E.L., Toro J., Prokopiev A.V., Gottlieb E.S., Pearcey G.O., Polzunenkov G.O., Trunilina V.A. Episodicity and the dance of late Mesozoic magmatism and deformation along the northern Circum-Pacific margin: north-eastern Russia to the Cordillera. *Earth-Science Review*. 2020;208.103272. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103272>.

54. Layer P.V., Ivanov V.V., Ratkin V.V., Bundtsen T.K. Ehpitermal'nye zolotoserebryanye mestorozhdeniya severo-vostoka Rossii: pervye ^{40}Ag - ^{39}Ag opredeleniya vozrasta rud. *Dokl. RAN*. 1997;356(5):665-668. (In Russ.).

55. Newberry R.Dzh., Layer P.U., Ganz P.B., Goncharov V.I., Goryachev N.A., Voroshin S.V. (2000): Predvaritel'nyi analiz khronologii mezozoiskogo magmatizma, tektoniki i orudneniya na Severo-Vostoke Rossii s uchedom datirovok i dannykh po rasseyannym ehlementam izverzhennykh i orudenelykh porod. In: *Zolotoe orudnenie i granitoidnyi magmatizm Severnoi Patsifiky*. Magadan; 2000. S. 181-206. (In Russ.).

56. Akinin V.V., Khanchuk A.I. Okhotsko-Chukotskii vulkanogennyi poyas: reviziya vozrasta na osnove novykh $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ i U-Pb izotopnykh dannykh. *Dokl. RAN*. 2005;404(5):654-658. (In Russ.).

57. Khanchuk A.I., Grebennikov A.V., Ivanov V.V. Al'b-senomanskii okrainno-kontinental'nyi orogennyi poyas i magmaticheskaya provintsia Tikhookeanskoi Azii. *Tikhookeanskaya Geologiya*. 2019;38(3):4-37. (In Russ.). DOI: 10.30911/0207-4028-2019-38-3-4-29.

