

## Геология. Природные ресурсы

### СТРИХА ВАСИЛИЙ ЕГОРОВИЧ (К 70-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

6 мая 2024 г. исполнилось 70 лет Василию Егоровичу Стриха, доктору геолого-минералогических наук, Заслуженному геологу РФ, ведущему сотруднику Всероссийского научно-исследовательского геологического института имени А. П. Карпинского, профессору кафедры геологии и природопользования Амурского государственного университета.

Василий Егорович известен в нашей стране и за рубежом как крупный ученый в области магматической геологии. Его научная деятельность направлена на изучение магматических образований, решение вопросов их минерагении на основе исследования геологии, петрографии, петрологии и геохимии габбро-гранитовых интрузивных ассоциаций. Научные интересы В.Е. Стрихи связаны с изучением мезозойских гранитоидов Верхнего Приамурья с целью совершенствования прогнозной оценки территорий развития гранитоидного магматизма на наличие золотого оруденения. Он является автором и соавтором более 100 научных публикаций, в том числе четырех монографий и 35 статей в журналах, входящих в базы Web of Science и Scopus.

Василий Егорович Стриха родился 6 мая 1954 г. в г. Невинномысске Ставропольского края. После окончания в 1976 г. геологического факультета Киевского государственного университета он начал профессиональную деятельность в Анюйской комплексной геолого-разведочной экспедиции Северо-Восточного производственного геологического объединения в пос. Билибино Чукотского автономного округа. В 1976-1987 гг. работал геологом, начальником партии геологической съемки масштаба 1:50000 на флангах Каральвеевского золоторудного месторождения и рудопроявления золота «Светлое».

С 1987 г. по 1992 г. Василий Егорович занимался научно-исследовательской работой в должности научного сотрудника, затем старшего научного сотрудника и заведующего лабораторией экономики и проблем минерального сырья в Северо-Восточном комплексном научно-исследовательском институте, преобразованном в 1992 г. в научно-исследовательский центр «Чукотка» (г. Анадырь). В этот период он изучал магматические образования и минерагению Анадырско-Корякского региона, участвовал в составлении металлогенической карты масштаба 1:500 000 этого региона, привлекался администрацией Чукотского округа в качестве эксперта по вопросам недропользования.

В 1992-1996 гг. по приглашению руководства государственного геологического предприятия «Амургеология» В.Е. Стриха переехал в Амурскую область, где стал ведущим геологом, начальником партии, исполняющим обязанности главного геолога предприятия. Под его руководством завершены геолого-съёмочные работы масштаба 1:50000 в районе Бамского золоторудного и Огоджинского угольного месторождений.

Следующее десятилетие Василий Егорович – ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией, заместитель директора по научной работе, и.о. директора Амурского комплексного научно-исследовательского института ДВО РАН (ныне Институт геологии и



природопользования ДВО РАН), занимался исследованием геологии, петрографии, геохимии и геохронологии интрузивных образований Верхнего Приамурья, был ученым секретарем диссертационного совета по присуждению ученой степени кандидата и доктора геолого-минералогических наук.

В 2006-2009 гг. В.Е. Стриха – главный геолог ООО «Геологоразведочная фирма «Недра», руководил поисковыми работами на рудное золото (Гарьский объект), в результате которых выявлено перспективное рудопоявление золота «Усть-Эльга». Позже он возглавил представительство ЗАО НПК «Геотехнология» в г. Благовещенске. Под его руководством проведены поисковые работы на медно-никелевое оруденение на Джалтинской площади в Зейском районе и рекомендованы перспективные участки. В 2009-2011 гг. он – главный геолог ЗАО «Берилл Дельта». Под его руководством проведена разведка Сиваглинского месторождения известняков и глин на цементное сырье, а также подготовка к его эксплуатации.

За многие годы производственной деятельности В. Е. Стриха участвовал в составлении 11 отчетов по результатам среднемасштабных геолого-съёмочных, поисковых и разведочных работ на различные виды полезных ископаемых (Au, Ag, Cu, Ni, ЭПГ, Mo, W, уголь, известняки, глины), в четырех из которых являлся ответственным исполнителем.

Большой опыт производственной и научной работы Василия Егоровича востребован при составлении листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000, где он выступил в качестве научного редактора листов N-52-VII, N-51-XI (2014-2019 гг.), N-51-IV, N-52-IX (2016-2021 гг.). В настоящее время В.Е. Стриха является научным редактором Становой серийной легенды ГДП-200, редактором листов N-49-XXVI, N-50-XXXV, XXXVI, N-51-XXXI ГДП-200; ответственным исполнителем по объекту «Мониторинг государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 территории Российской Федерации и ее континентального шельфа по группам листов Алдано-Забайкальской легенды серии листов ГК-1000/3». Эти проекты реализуются в отделе региональной геологии и полезных ископаемых Дальнего Востока во Всероссийском научно-исследовательском геологическом институте им. А.П. Карпинского (г. Санкт-Петербург).

С 2012 г. по настоящее время Василий Егорович Стриха – профессор кафедры геологии и природопользования в Амурском госуниверситете, для специальности 21.05.02 «Прикладная геология» ведет ряд профильных дисциплин: «Петрография, литология», «Физико-химические основы петрологии», «Формационный анализ», «Структурная геология», «Геотектоника и геодинамика», «Основы проведения геолого-разведочных работ», «Прогнозирование, поиски и оценка полезных ископаемых», руководит производственными практиками и выпускными квалификационными работами, принимает участие в подготовке кадров высшей квалификации, руководит образовательной программой аспирантуры по специальности 1.6.10. «Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения».

Достижения В. Е. Стрихи отмечены высокими государственными наградами: Почетной грамотой Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации (2019 г.), почетным званием «Заслуженный геолог Российской Федерации» (2024 г.).

Поздравляем Василия Егоровича Стриху с юбилеем, желаем ему крепкого здоровья, дальнейшей плодотворной производственной, научной и образовательной деятельности.

*Руководство и коллектив Амурского государственного университета,  
редколлегия и редакционный совет журнала  
«Вестник Амурского государственного университета»*

УДК 550.2:551.72

**Стриха Василий Егорович**Амурский государственный университет,  
г. Благовещенск, РоссияВсероссийский научно-исследовательский институт им. А.П.Карпинского  
г. Санкт-Петербург, РоссияE-mail: [vestrikha@mail.ru](mailto:vestrikha@mail.ru)**Strikha Vasily Egorovich**Amur State University,  
Blagoveshchensk, RussiaAll-Russian Research Institute I.P. Karpinsky  
St. Petersburg, RussiaE-mail: [vestrikha@mail.ru](mailto:vestrikha@mail.ru)**БИЛИБИНСКИЙ КОМПЛЕКС ЩЕЛОЧНЫХ СИЕНИТОВ-ЩЕЛОЧНЫХ ГРАНИТОВ  
(АЛДАНСКИЙ ЩИТ): НОВЫЕ ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ  
И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ****BILIBINO COMPLEX OF ALKALINE SYENITE-ALKALINE GRANITES  
(ALDANIC SHIELD): NEW GEOCHRONOLOGICAL AND GEOCHEMICAL DATA**

*Аннотация. Приведены результаты геохронологических (U-Pb SIMS) и петрогеохимических исследований пород билибинского комплекса щелочных сиенитов-щелочных гранитов, слагающих одноименный кольцевой массив в Центральном Алдане. Полученные для пород различных фаз датировки свидетельствуют о формировании комплекса в узком возрастном интервале 116-122 млн. лет, что соответствует аптскому веку раннего мела. По отношению к примитивной мантии в породах отмечаются минимумы Th, U, Ta, Nb, Nd, Ti, максимумы – Ba, K, La, Sr. Графики распределения РЗЭ характеризуется превышением легких РЗЭ над тяжелыми ( $La/Yb = 11 - 55,2$ ), с полого-наклонным типом графиков и слабо выраженной европиевой аномалией ( $Eu^*/Eu = 0,68 - 1,40$ ). Предполагается, что породы билибинского комплекса являются производными щелочно-базальтовых расплавов, формировавшихся в условиях локального мантийного плюма.*

*Abstract. The results of geochronological (U-Pb SIMS) and petrogeochemical studies of rocks are given Bilibino complex of alkaline syenite-alkaline granites of the same name in the Central Aldan. Obtained for rocks of different dating phases indicate the formation of the complex in a narrow age range of 116-122 million years... years, which corresponds to the Aptian Age of Early Cretaceous. In relation to the primitive mantle in the rocks there are minimums Th, U, Ta, Nb, Nd, Ti, High – Ba, K, La, Sr. The graphs of the distribution of REEs are characterized by the excess of light REEs over heavy ones ( $La/Yb = 11 - 55,2$ ), c low-tilt type of graphs and a weakly expressed europian anomaly ( $Eu^*/Eu = 0,68 - 1,40$ ). Projected, that the rocks of the Bilibino complex are derivatives of alkaline-basalt melts, formed under local mantle plume conditions.*

*Ключевые слова: Алданский щит, Билибинский массив, щелочные сиениты, щелочные монцогранитоиды, U-Pb SIMS, ранний мел, мантийный плюм.*

*Key words: aldan shield, The Bilibin Massif, Alkaline syenites, Alkaline monogranitoids, U–Pb SIMS, Early Mel, The mantle plume.*

### Введение

Билибинский комплекс щелочных сиенитов–щелочных гранитов был выделен Н.С. Маличем и Е.П. Миронюком в 1986 г. [16] в качестве аналога лебединского монцонит–сиенит–гранитового комплекса на Ломамской площади [18]. Билибинский комплекс объединяет интрузивные образования щелочного состава, слагающих Билибинский массив центрального типа и раннюю фазу Чайдахского массива, расположенных в пределах Ломамского плутонического района (рис. 1). Ранее петротипический для комплекса Билибинский массив был показан в составе мукундинского монцоидиорит–гранодиоритового комплекса [1]. Однако как в легенде Алданской серии листов масштаба 1:200000, так и в легенде Алдано–Забайкальской серии листов масштаба 1:1000000 в составе мукундинского комплекса отсутствуют щелочные породы, преобладающие в составе билибинского комплекса и возраст мукундинского комплекса принят позднеюрским, в отличие от раннемелового билибинского. Принадлежность Билибинского (Ломамского) и Чайдахского массивов к обособленным ассоциациям отражена в легенде Алданской серии листов масштаба 1:200000, где они рассматривались в составе лебединского монцонит–сиенит–гранитового комплекса [18].

В составе Билибинского массива преобладают щелочно-полевошпатовые кварцсодержащие сиениты и нордмаркиты, присутствуют бескварцевые разновидности этих пород, а также бесфельдшпатоидные (щелочно-полевошпатовые) шонкиниты и меласиениты, в отличие от ассоциации умереннощелочных пород Чайдахского массива. По данным геологосъемочных и тематических работ [17], ассоциация умереннощелочных пород считалась более поздней, что позволяло ассоциацию щелочных пород рассматривать в качестве первой фазы, умереннощелочных – в качестве второй. Кроме того, в Алданской серийной легенде было отмечено, что в пределах этих обособленных ассоциаций могут быть выделены субфазы, представленные последовательным внедрением интрузий в гомодромной направленности, что подчеркивает многофазность билибинского и чайдахского комплексов.

Билибинский комплекс объединяет интрузивные образования щелочного состава, слагающих Билибинский массив центрального типа и раннюю фазу Чайдахского массива, расположенных в пределах Ломамского плутонического района. На территории листа О-52-XXVI билибинский комплекс сложен породами 5 фаз.

Первая фаза ( $\epsilon\nu$ - $E\xi K_1 b_1$ ) – шонкиниты и щелочные меланократовые сиениты. Вторая фаза ( $E\xi K_1 b_2$ ) – щелочные мезократовые сиениты. Третья фаза ( $E\eta\xi K_1 b_3$ ) – щелочные лейкократовые сиениты и нордмаркиты, а также связанные с ними дайки щелочных лейкократовых сиенитов и щелочных кварцевых сиенитов. Четвертая фаза – щелочные граносиениты и граносиениты ( $E\gamma\xi K_1 b_4$ ), дайки щелочных и умереннощелочных граносиенит–порфиров. Пятая фаза – щелочные граниты и монцограниты ( $E\gamma K_1 b_5$ ), дайки щелочных и умереннощелочных гранит–порфиров.



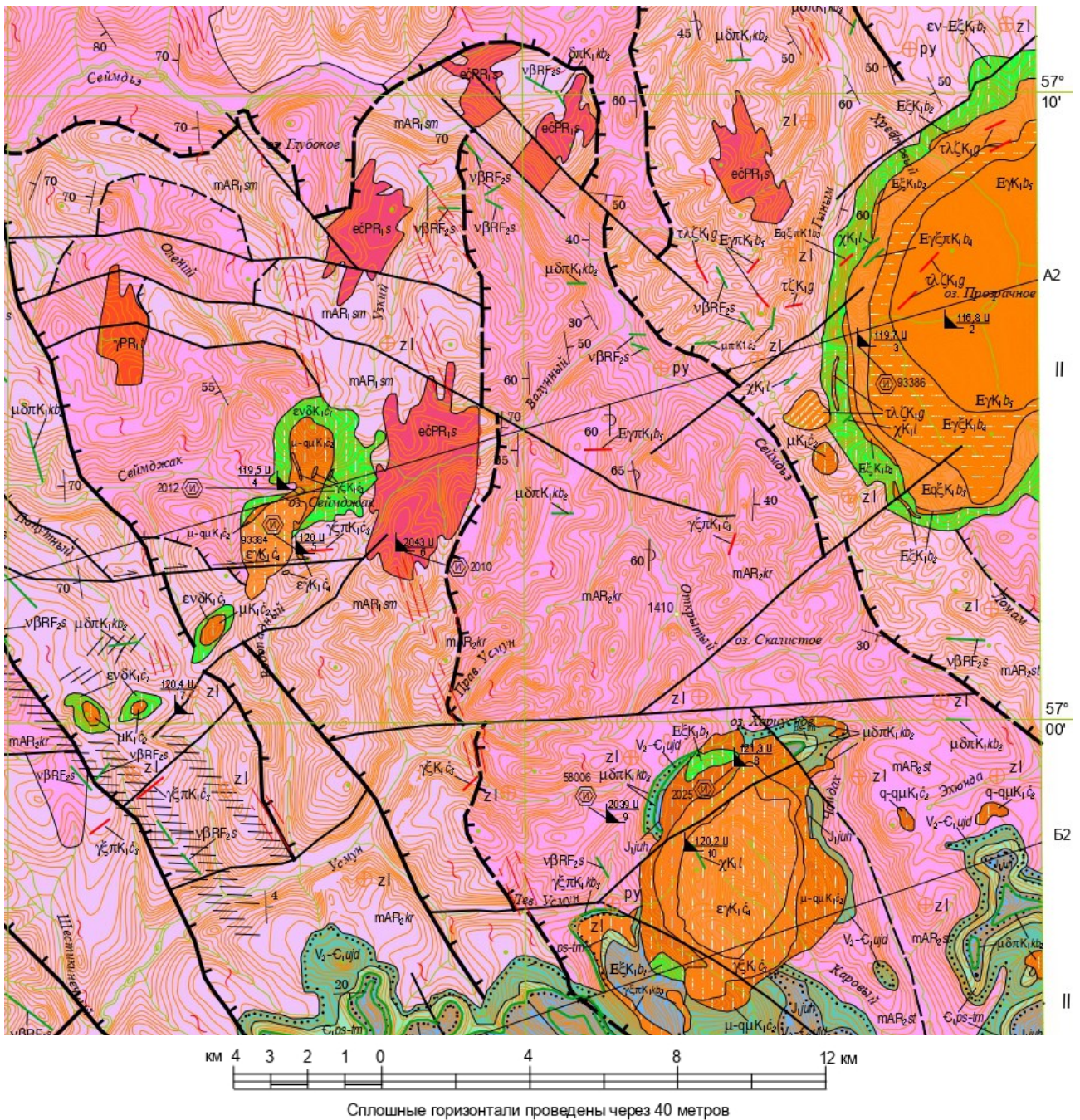


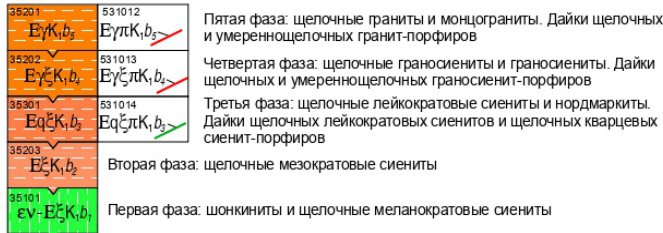
Рис. 1. Геологическая карта северной части Ломакского плутонического района (фрагмент геологической карты листа О-52-XXVI).

Условные обозначения:

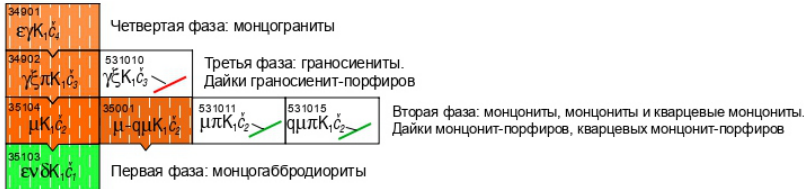
Гынымский трахидацит-трахириодацитовый комплекс вулканический		
4430 тлцк <sub>1,г</sub>	53108 тлцк <sub>1,г</sub>	53109 тцк <sub>1,г</sub>
Субвулканические образования: штоки и дайкообразные тела эксплозивных брекчий трахириодацитов; дайки трахириодацитов и трахидацитов		
Ломакский лампрофировый комплекс гипабиссальный		
53408 χк <sub>1,г</sub>	53409 δχк <sub>1,г</sub>	Дайки минетт, сплессартитов



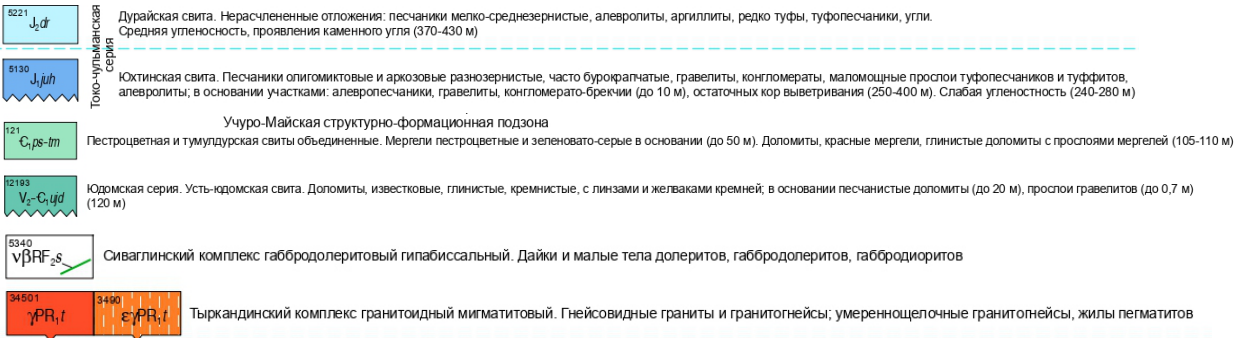
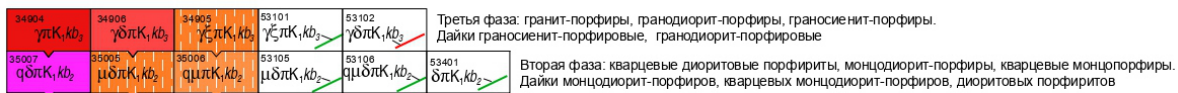
Билибинский комплекс щелочных сиенитов - щелочных гранитов плутонический



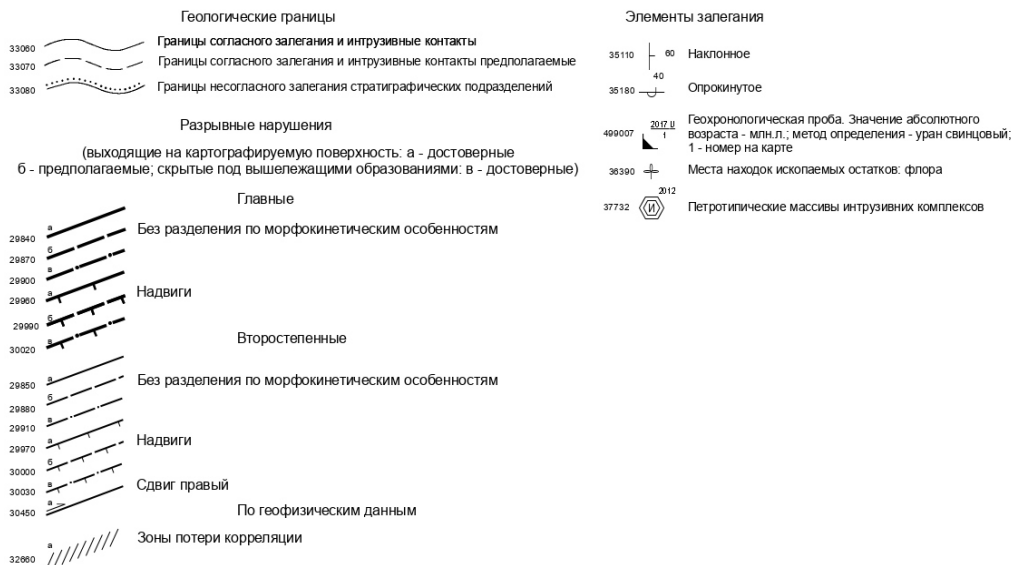
Чайдахский комплекс монцогаббро-монцогранитовый плутонический



Кара-Буранский комплекс монцодиорит-гранодиоритовый плутонический



- 34905  $e\beta PR, s$  Суннангинский комплекс эндербит-чарнокитовый. Гранитогейсы, чарнокиты
- 15020  $mAR_2 st$  Сугамский кальцифиро-гнейсовый комплекс метаморфический. Переслаивание биотит-гранатовых кордиеритсодержащих гнейсов, графит-гранатовых, биотит-графитовых, пироксеновых и биотит-пироксеновых гнейсов, гранат-биотитовых гранитогейсов, диопсид-плагиоклазовых, гиперстен-плагиоклазовых кристаллических сланцев и кальцифиров
- 15045  $mAR_2 kr$  Кюриканский плагиогнейсо-гнейсовый комплекс метаморфический. Переслаивающиеся биотит-гранатовые, биотитовые, биотит-графит-гранатовые, гиперстен-гранатовые гнейсы, биотитовые, гранат-биотитовые, гранат-биотит-кордиеритовые, биотит-гиперстен-роговообманковые плагиогнейсы, биотитовые гранитогейсы, гиперстен-плагиоклазовые, диопсид-плагиоклазовые и двугироксен-плагиоклазовые, пироксен-роговообманковые кристаллические сланцы, реже кальцифиры, биотит-графитовые, биотит-пироксеновые, гранат-биотит-кордиеритовые, гранат-биотит-силлиманитовые гнейсы, кварциты, гиперстен-титанитовые гнейсы
- 15057  $mAR_2 sm$  Сеймский гнейсовый комплекс метаморфический. Переслаивающиеся биотитовые, биотит-гранатовые, биотит-гиперстен-гранатовые, гиперстен-биотитовые, гиперстен-биотитовые, биотит-амфиболовые гнейсы, биотитовые гранитогейсы, гиперстен-плагиоклазовые и двугироксен-плагиоклазовые, биотит-амфиболовые кристаллические сланцы, редко амфиболиты, амфиболовые гнейсы и кристаллические сланцы



На описываемой территории находится западная большая (60%) часть Билибинского массива, общая площадь которого составляет 125 км<sup>2</sup> [13]. Интрузия несколько вытянута с юг-юго-запада на север-северо-восток и имеет в плане форму эллипса. На востоке и северо-востоке она контактирует с осадочными породами платформенного чехла. В западной, северной и южной частях интрузия сечет складчатые структуры раннего протерозоя.

В строении интрузива наблюдается отчетливая зональность. Краевая часть массива сложена породами первой фазы. Остальные породы Билибинского массива образуют дифференцированную серию от периферии к центру, с интрузивными соотношениями между породами различных фаз. От ранних к поздним эта серия имеет следующий вид: меланократовые щелочные сиениты и шонкиниты, мезократовые щелочные сиениты, щелочные лейкосиениты и нордмаркиты, щелочные граносиениты, щелочные граниты и монцограниты, слагающие центральную часть кольцевой интрузии. В восточной части массива, по данным [13], в строении массива участвует серповидный двухфазный шток, состоящий из пород ультраосновных и фельдшпатоидных пород, который в значительной степени перекрыт ледниковыми отложениями.

Щелочные сиениты (первая – третья фазы Билибинского массива) образуют сложную трехфазную кольцевую интрузию, в составе которой меланократовые щелочные сиениты и шонкиниты слагают внешнее кольцо, а лейкократовые – внутреннее. В процессе ГС-50 [13] установлено, что в истоках р. Ломама, правых притоков руч. Мономаза, в долинах руч. Хребтового и Гыныма шонкиниты и меланократовые сиениты рассечены мезо- и лейкократовыми щелочными сиенитами и наблюдаются в них в виде ксенолитов (обн. Т164, Т1112, Т1115 и др.).

Мезократовые щелочные сиениты слагают вторую кольцевую зону Билибинского массива, представляющую собой самостоятельную кольцевую интрузию, в западной части сопровождающуюся серией крупных жилообразных тел мощностью до 100 м, согласных или секущих трахитоидность вмещающих их пород первой фазы.

Лейкократовые щелочные сиениты и нордмаркиты слагают третью кольцевую зону Билибинского массива, являющуюся самостоятельным телом с четкими интрузивными контактами. На восточном склоне горы Билибина, над вершиной Нирэчи, лейкократовые щелочные сиениты содержат ксенолиты мезократовых щелочных сиенитов и шонкинитов и пересекаются жилой граносиенитов (обн. Т1036, Т1052 [13]).

В связи с тем, что при проведении ГС-200 первого поколения между породами разных фаз массива не были установлены интрузивные соотношения, создалось ложное представление о постепенных переходах от меланократовых пород к лейкократовым, которые легли в основу утверждения о формировании Билибинского массива в результате дифференциации на месте. Судя по наличию вариаций в содержаниях темноцветных минералов в составе пород первой фазы, с возникновением полосчатых текстур, дифференциация на месте имела место, но только в пределах интрузии первой фазы.

Ширина каждой из кольцевых интрузий колеблется от 500 до 1500 м. Контакты массива под углами 80-40° наклонены под массив. Согласно с ними ориентирована трахитоидность мелано- и мезократовых щелочных сиенитов.

Центральная часть Билибинского массива сложена кольцевой интрузией щелочных и

умереннощелочных граносиенитов четвертой фазы и штоком умереннощелочных и щелочных монцогранитов пятой фазы. Ширина кольцевой интрузии граносиенитов варьирует от 500 до 1500 м. В породах более ранних фаз отмечаются дайки граносиенит-порфиоров, – вероятно, представляющих собой апофизы кольцевой интрузии граносиенитов. В граносиенитах отмечаются ксенолиты пород всех трех более ранних фаз щелочных сиенитов (обн. Т1090 в долине р. Емак, аллювий руч. Хребтовый).

Размеры штока монцогранитов составляют 6000 x 9000 м. Форма штока подчинена общей форме интрузива. В плане это удлинённый овал, вытянутый в северо-восточном направлении. Форма штока коническая, с контактами, наклонёнными внутрь. Жилы монцогранитов пересекают лейкократовые щелочные сиениты в долине руч. Хребтового, верховьях Емака и Нирэчи (обн. Т1108 и др.), а также граносиениты – в прирусловых обнажениях Хребтового. С массивом связаны мелкие дайки и жилы умереннощелочных и щелочных гранит-порфиоров.

Строение Билибинского массива осложнено зонами разломов, часто вмещающими гидротермальные образования.

*Меланократовые сиениты* первой фазы внешнего кольца Билибинской интрузии – крупнозернистые порфировидные, с пойкилитовой структурой. Текстура пород трахитоидная. Порода состоит из крупных (1-1,5 см, достигая иногда размеров 8 x 3 см [13]) вытянутых зерен пертитового ортоклаза – 45-60%, гипидиоморфных зерен плагиоклаза (олигоклаз) – до 10-12%, пироксена (диопсид–авгит) – 7-10%, бурой роговой обманки – 5-12%, которая замещается сине-зеленой роговой обманкой, гипидиоморфных табличек коричневого биотита (до 8-10%). В целом темноцветные минералы составляют 30-40% пород. Акцессорные минералы представлены сфеном и рудным минералом (титаномагнетит в тонкой оболочке сфена) – до 2-3%, апатитом. Темноцветные минералы, совместно с рудными, часто образуют гломеро-порфировые, вытянутые скопления, размером до 4-5 мм. Крупные зерна ортоклаза включают пойкилитовые мелкие зерна пироксена, биотита и рудного минерала. Вторичные изменения выражены в развитии серицита по плагиоклазу, образующего мономинеральные агрегатные псевдоморфозы (2-3%), и карбоната, образующего полигональные агрегаты до 1,5 мм в диаметре (1%).

По данным [13], в составе первой фазы в западной части Билибинского массива присутствуют шонкиниты, связанные постепенными переходами с меланократовыми щелочными сиенитами и отличающимися от них повышенными до 50-80% содержаниями темноцветных минералов. Они обнаружены в долинах Хребтового и Гыныма, где слагают или небольшие участки шириной в несколько десятков метров, или грубополосчатые выходы, в которых меланократовые полосы, шириной от нескольких сантиметров до нескольких метров, соответствуют шонкинитам, а лейкократовые – щелочным меланократовым сиенитам. Шонкиниты выявлены также в составе двух ксеноблоков билибинского комплекса в составе Чайдахского массива, в его северной и юго-западной части. В отличие от Билибинского массива породы Чайдахского характеризуются среднезернистой слабо выраженной порфировидной структурой.

Меланократовые щелочные сиениты Чайдахского массива имеют биотит-пироксеновый состав. Породы состоят из пертитового ортоклаза – 50%, плагиоклаза (олигоклаз–



андезин) – 10%, пироксена (диопсид-авгит) – 15-18%, буро-коричневого биотита – 12-15%, зеленой роговой обманки – 3%, кварца – 3-4%. Ортоклаз образует крупные зерна, в которые заключены более мелкие (1-2 мм) кристаллы пироксена призматической, таблитчатой, восьмигранной формы. Биотит образует мелкие чешуйки (0,2-0,6мм) и их скопления. Роговая обманка представлена мелкими зернами неправильной формы, чаще всего по крупным кристаллам пироксена. Цветные минералы распределены в породе довольно равномерно. Акцессорные минералы – сфен, апатит. Рудный минерал – титаномagnetит (2-3%).

*Мезократовые щелочные сиениты* слагают второе от края кольцо. Структура пород призматически-зернистая, гипидиоморфнозернистая. Текстура массивная. Это крупнозернистые порфиридные породы, на 60-80% состоящие из зерен ортоклаза с пертитовыми вростками кислого плагиоклаза, размером 1-2 см. Роговая обманка зеленовато-бурого цвета образует удлинённые, гипидиоморфные зерна и их гломеропорфиновые скопления до 5 мм в диаметре. В этих скоплениях также встречается рудный минерал и сфен. По роговой обманке, по трещинкам спайности, развивается тонкочешуйчатый биотит коричневого цвета. В породе присутствует кварц (1-2%), образующий мелкие, ксеноморфные выделения. Кроме того, отмечаются зерна кварца, образующие шестоватые оторочки вокруг зерен ортоклаза (1%). Вторичные изменения – в появлении эпидота, развивающегося в центральной части редких, мелких зерен кислого плагиоклаза и хлорита, заместившего мелкие зерна биотита и роговой обманки.

Третье кольцо сложено *лейкократовыми щелочными сиенитами и нордмаркитами* (кварцевые щелочные сиениты). Структура пород гипидиоморфнозернистая, пойкилитовая. Текстура массивная. Это крупнозернистые породы, состоящие из пертитового ортоклаза – 55-80%, плагиоклаза – 5-12%, кварца – до 15%. Ортоклаз представлен крупными (5-8 мм) полигональными и изометричными зернами, часто содержит включения мелких зерен кварца и плагиоклаза. Кварц ксеноморфен. Плагиоклаз образует более мелкие (1-2 мм) гипидиоморфные индивиды. Темноцветные минералы полностью замещены карбонатом, который образует зерна размером до 1-2мм, иногда со слабо проявленной шестигранной формой, по которой можно предположить, что это был амфибол. В этих агрегатах карбоната всегда присутствуют зерна сульфидов, иногда появляется флюорит. Карбонат, кроме того, слагает тонкие извилистые прожилки.

Ближе к центру Билибинского массива развиты *щелочные граносиениты*. Это светло-серые, розовые, бежевые массивные или порфиридные породы, со структурой от средне- до крупнозернистой. Выделяются роговообманковые и биотит-роговообманковые разновидности. Главным породообразующим минералом является калиевый полевой шпат, занимающий 30-55% объема породы. Калишпат представлен микроклином или ортоклазом, зерна имеют размеры от 1 до 20 мм и составляют порфиридные вкрапленники. В некоторых случаях калишпат образует графические сростания с кварцем. Плагиоклаз, представленный чаще всего олигоклазом, занимает 15-30% объема породы. Таблитчатые зерна плагиоклаза размером до 2 мм наблюдаются в виде пойкилитовых включений в крупных зернах калишпата (монцитовой структура), но образуют и самостоятельные таблитчатые кристаллы. Некоторые зерна плагиоклаза имеют зональное строение.

На стыке зерен полевых шпатов наблюдается образование мирмекитов. Кварц, зани-

мающий 15-20% объема породы, как правило, ксеноморфного облика, с зернами до 0,12 мм. Зеленовато-бурая роговая обманка, размерами 1-2,5 мм, имеет короткостолбчатый облик и слагает до 15% объема породы. Бурый биотит образует ассоциации с роговой обманкой и представлен вытянутыми чешуйками размером 0,4-1,3 мм. Из акцессорных минералов встречаются сфен, образующий идиоморфные призматические зерна размером до 2 мм, с характерным ромбовидным сечением, и магнетит, тяготеющий к скоплениям фемических минералов. Также в граносиенитах присутствуют идиоморфные зерна циркона размером до 0,1 мм.

В центральной части Билибинского массива развиты умереннощелочные и щелочные монцограниты.

*Монцограниты* – светло-серые, серовато-розовые мелко-, среднезернистые породы с массивной текстурой, сложенные плагиоклазом (15-35%), калиевым полевым шпатом (35-40%), кварцем (25-30%), зеленым амфиболом (2-8%) и биотитом (1-7%). Калиевый полевой шпат представлен пертитовым микроклином, образующим вытянутые кристаллы размером от 2 до 15 мм, с зачастую четкими границами. Калиевый полевой шпат содержит мелкие включения кислого плагиоклаза и кварца. Плагиоклаз представлен олигоклаз-андезином и, помимо включений в калиевом полево шпате, образует самостоятельные гипидиоморфные кристаллы размером до 1,5 мм. Кварц образует ксеноморфные зерна размером 0,4-1,2 мм, изредка встречаются более крупные (2-2,5 мм) округлые зерна. Биотит зеленовато-бурого цвета часто образует скопления с магнетитом (до 2%) и мелкими, клиновидными зернами сфена (до 2%). Также в породах присутствуют циркон, апатит.

Щелочные граниты отличаются от монцогранитов более высокими содержаниями калиевого полевого шпата (до 50%) и наличием сине-зеленой щелочной роговой обманки (до 5-6%).

#### **Петрохимические и геохимические особенности пород**

По соотношению  $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  породы билибинского комплекса относятся преимущественно к щелочному ряду ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 8,39-12,77$ ) (рис. 2). Зачастую характеризуются преобладанием калия над натрием и принадлежностью к калиево-натриевой серии ( $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 0,45-2,97$ ). По соотношению  $\text{Al}/(2\text{Ca}+\text{Na}+\text{K}) - (\text{Na}+\text{K})/\text{Al}$  гранитоиды билибинского комплекса, в отличие от пород кара-буранского и чайдахского комплексов относятся к гранитам А-типа (рис. 3а).

По степени насыщенности глиноземом среди пород комплекса преобладают метаглиноземистые образования, хотя отмечаются и перглиноземистые, что в целом указывает на магматический состав исходного для них протолита. По соотношению  $\text{SiO}_2$  и  $\text{K}_2\text{O}$  породы билибинского комплекса относятся к шошонитовой серии (рис. 3в). Окисленность железа в породах комплекса соответствует преимущественно магнетитовой серии (рис. 3г).

Распределение РЗЭ в породах билибинского комплекса характеризуется превышением легких РЗЭ над тяжелыми ( $\text{La}/\text{Yb} = 11-55,2$ ) с пологонаклонным типом распределения РЗЭ по отношению к хондриту  $\text{C}_1$ , со слабовыраженной европиевой преимущественно положительной аномалией, редко отрицательной ( $\text{Eu}^*/\text{Eu} = 0,68-1,4$ ) (рис. 4). Сумма РЗЭ колеблется от 46,5 до 179,5 ppm.

Таблица 1

**Петрохимическая и геохимическая характеристика  
представительных пород билибинского комплекса**

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8
№ пр.	2025	2014	МТ–338	97115/1	93386/1	КШ–032–2	731/2	93388/4
SiO <sub>2</sub>	55,2	55,4	62,2	59,8	62,5	65,5	69,1	70,3
TiO <sub>2</sub>	0,79	0,64	0,32	0,42	0,42	0,34	0,25	0,18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,3	15,3	17,3	17,5	17,5	14,5	15,7	14,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,54	2,36	1,4	2,31	1,77	1,64	1,31	1,63
FeO	4,42	3,86	0,59	2,11	1,83	1,48	0,59	0,3
MnO	0,12	0,11	0,06	0,068	0,083	0,063	0,032	0,051
MgO	5,07	4,74	0,93	2,17	1,92	1,24	0,47	0,25
CaO	6,44	5,23	1,99	3,51	2,24	1,9	0,82	0,94
Na <sub>2</sub> O	3,08	3,42	4,73	3,49	4,97	3,35	4,09	3,3
K <sub>2</sub> O	6,3	6,88	8,04	7,78	6,38	7,02	6,17	6,69
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,64	0,44	0,16	0,3	0,14	0,14	0,096	0,025
ппп	0,33	0,38	0,51	0,42	0,4	2,45	0,95	1,33
Сумма	99,7	99,2	98,23	100	100,153	99,8	99,7	100
La	34,2	23,5	23,1	15,5	33,6	34	32,8	24,1
Ce	72,4	48,8	43	28,4	62,1	60,7	52,3	39,1
Pr	8,99	5,98	4,9	3,63	8,61	6,33	5,5	3,9
Nd	8,99	5,98	4,9	3,63	8,61	23	5,5	3,9
Sm	8,73	6,42	3,12	2,7	5,5	3,75	3,22	2,24
Eu	2,64	2,29	1,08	1,46	1,06	0,93	0,84	0,83
Gd	5,93	4,1	2,58	2,24	4,15	2,7	2,19	1,52
Tb	0,74	0,54	0,38	0,3	0,63	0,4	0,28	0,2
Dy	3,75	2,64	1,77	1,39	2,95	2,24	1,32	1,01
Ho	0,71	0,59	0,34	0,23	0,62	0,41	0,26	0,2
Er	1,59	1,3	1,01	0,66	1,73	1,21	0,7	0,54
Tm	0,21	0,19	0,17	0,097	0,27	0,19	0,11	0,076
Yb	1,5	1,1	1,04	0,64	1,81	1,23	0,8	0,68
Lu	0,22	0,19	0,16	0,092	0,25	0,26	0,11	0,1
V	173	144	66,4	119	56,7	62,3	25,9	35,4
Cr	130	163	31,3	56,7	15,8	20,2	17,1	23,1
Ni	34,6	75,1	3,82	15,7	6,23	–	7,73	8,76
Rb	99,8	164	296	157	257	297	262	223
Sr	1630	1700	1190	2030	785	932	1020	827
Y	17,9	13,5	10,1	7,54	17,2	13,1	7,75	5,81
Zr	52,6	84	310	69	496	291	172	169
Nb	–	–	3,61	1,69	–	16,7	12,8	10,1
Ba	3600	2900	1500	2300	1700	1400	1800	
Ta	0,15	0,24	0,51	0,13	1,1	1,07	0,72	0,61
Pb	–	18,4	29,3	19,8	–	–	177	53
Th	1,11	1,55	6,57	1,19	10,4	12,3	12,6	8,8
U	0,25	0,32	2,01	0,39	2,44	4,38	3,37	7,37

*Примечание.* Породы: 1, 2 – меланосиениты 1 фазы; 3 – мезократовые сиениты 2 фазы; 4-5 – норд-маркиты и лейкократовые щелочные сиениты 3 фазы; 6 – щелочные граносиениты 4 фазы; 7-8 – щелочные граниты 5 фазы.

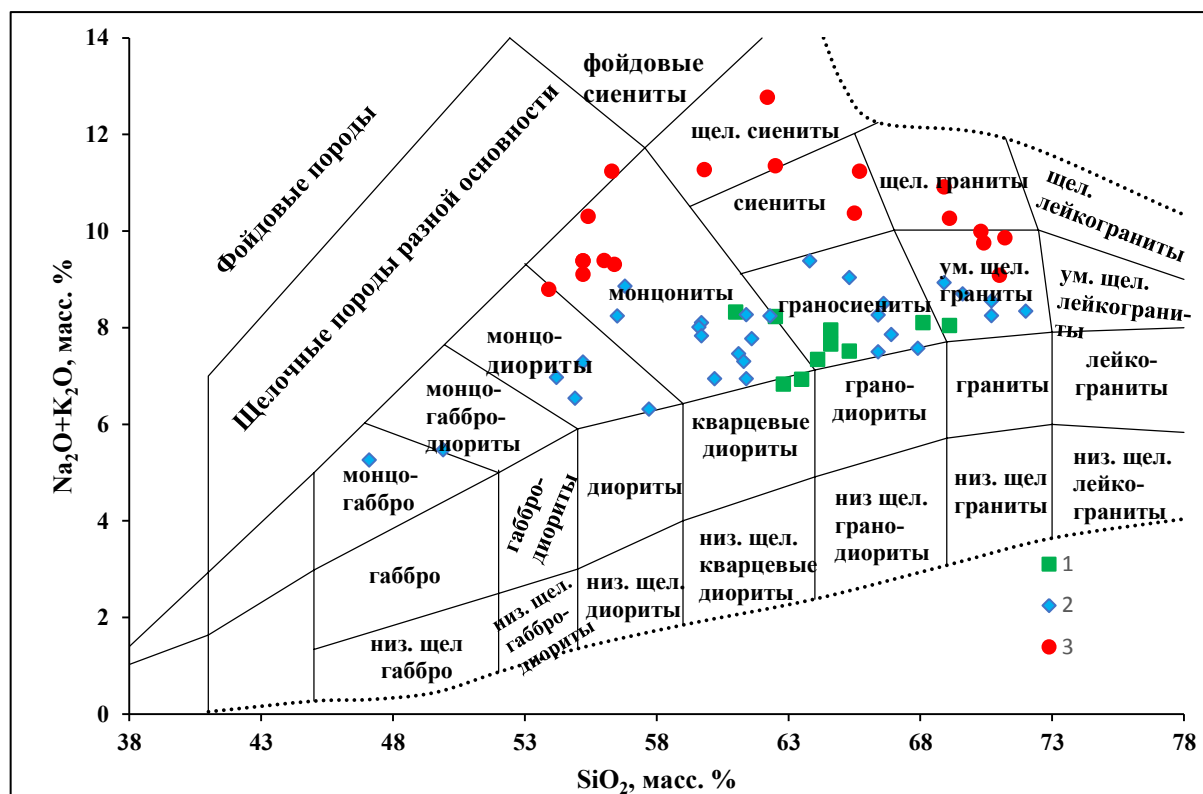


Рис. 2. TAS-диаграмма для раннемеловых интрузивных комплексов

Ломамского плутонического района:

1 – кара-буранский комплекс монцодиорит-гранодиоритовый; 2 – чайдахский комплекс монцогаббро-монцогранитовый; 3 – билибинский комплекс щелочных сиенитов-щелочных гранитов.

По содержанию элементов-примесей породы билибинского комплекса в целом характеризуются обогащенностью крупноионными литофилами и обедненностью высокозарядными элементами (рис. 5). Породы билибинского комплекса по характеру распределения элементов примесей по отношению к примитивной мантии отличаются от пород чайдахского комплекса. В породах билибинского комплекса более высокие содержания Cs (выше верхней коры), близкие к верхней коре содержания Р, близкие к нижней коре Th, U, промежуточные между верхней и нижней корой содержаниями РЗЭ. По отношению к примитивной мантии в породах в целом более контрастные минимумы Th, U, Ta, Nb, Nd, Ti, максимумы – Ba, K, La, Sr.

Судя по соотношению Sr-Rb, породы билибинского комплекса – производные латитовых или щелочно-базальтовых расплавов IV группы (рис. 6), что в целом сближает их с породами других раннемеловых комплексов, формировавшихся, предположительно, в условиях локального мантийного плюма [2, 3, 4].

### Изотопный возраст билибинского комплекса

В ЦИИ ФГБУ «ВСЕГЕИ» были проведены изотопно-геохронологические исследования магматогенных цирконов из пород Чайдахского и Билибинского массивов с целью уточнения возраста формирования интрузивных образований (табл. 2).



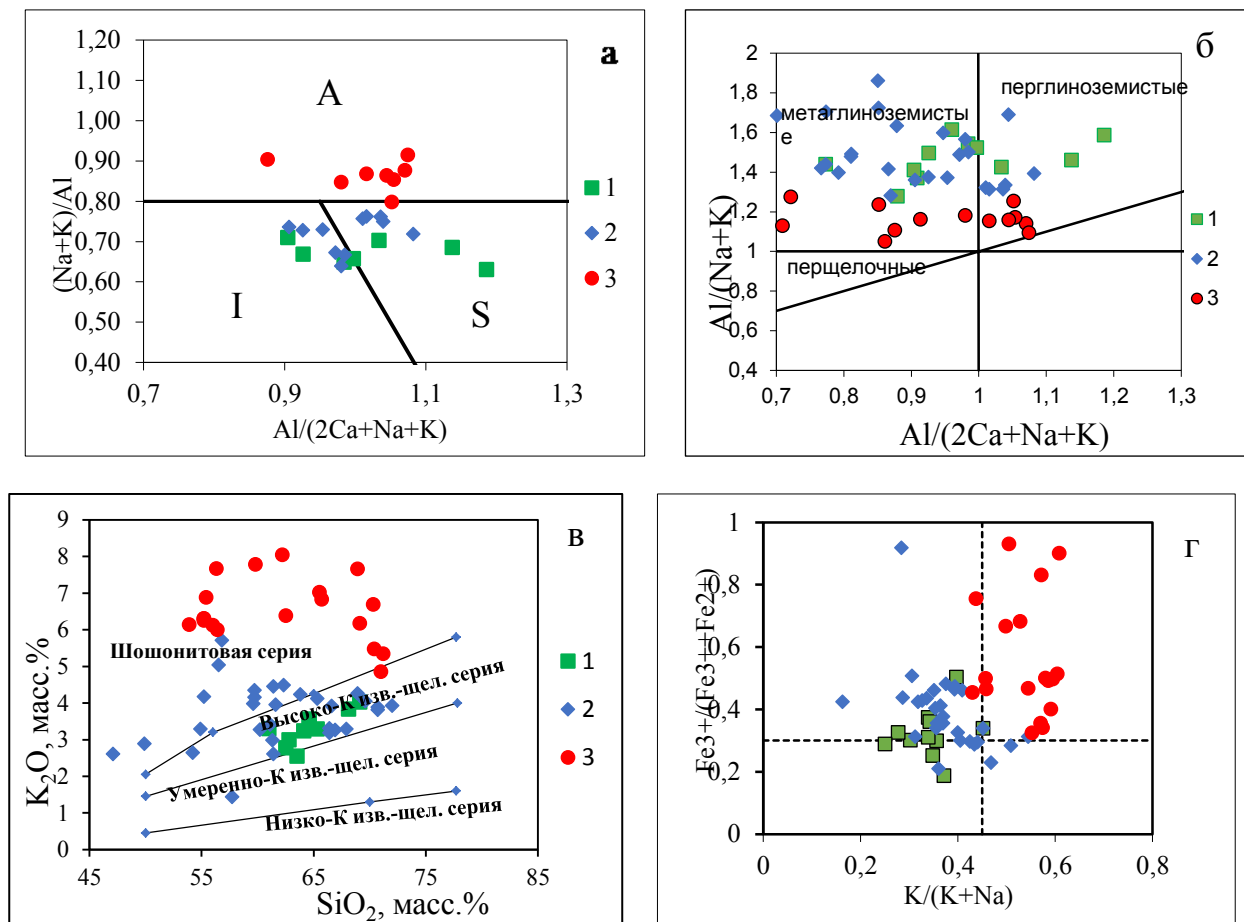


Рис. 3. Петрохимические дискриминационные диаграммы для раннемеловых интрузивных комплексов Ломамского плутонического района:  
 а – соотношение  $Al/(2Ca+Na+K) - (Na+K)/Al$  [11]; б – соотношение  $Al/(2Ca+Na+K) - Al/(Na+K)$  [12]; в – соотношение  $K_2O$  и  $SiO_2$  [10]; д – соотношение  $Al/(2Ca+Na+K) - Fe^{3+}/Fe^{2+}$ .  
 1 – кара-буранский комплекс монцодиорит-гранодиоритовый; 2 – чайдахский комплекс монцогаббро-монцогранитовый; 3 – билибинский комплекс щелочных сиенитов - щелочных гранитов.

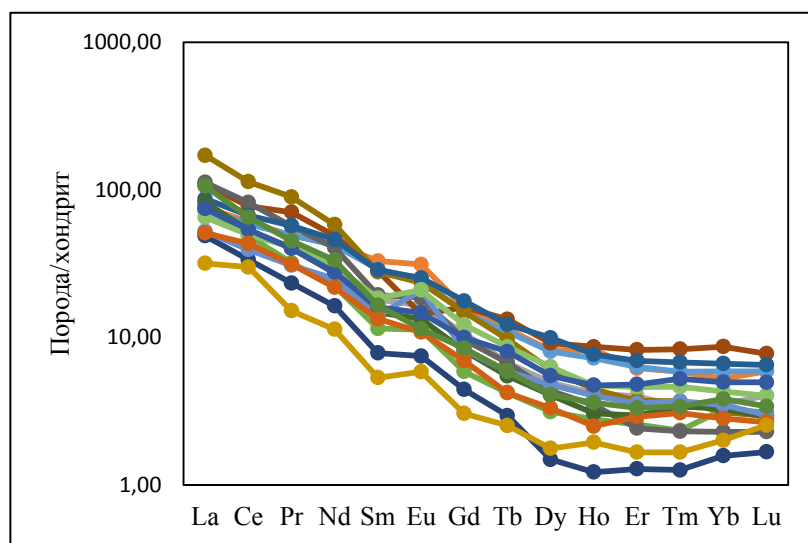


Рис. 4. Нормированное к хондриту распределение редкоземельных элементов в породах Билибинского плутона. Нормализующие факторы, состав хондрита  $C_1$  [10].

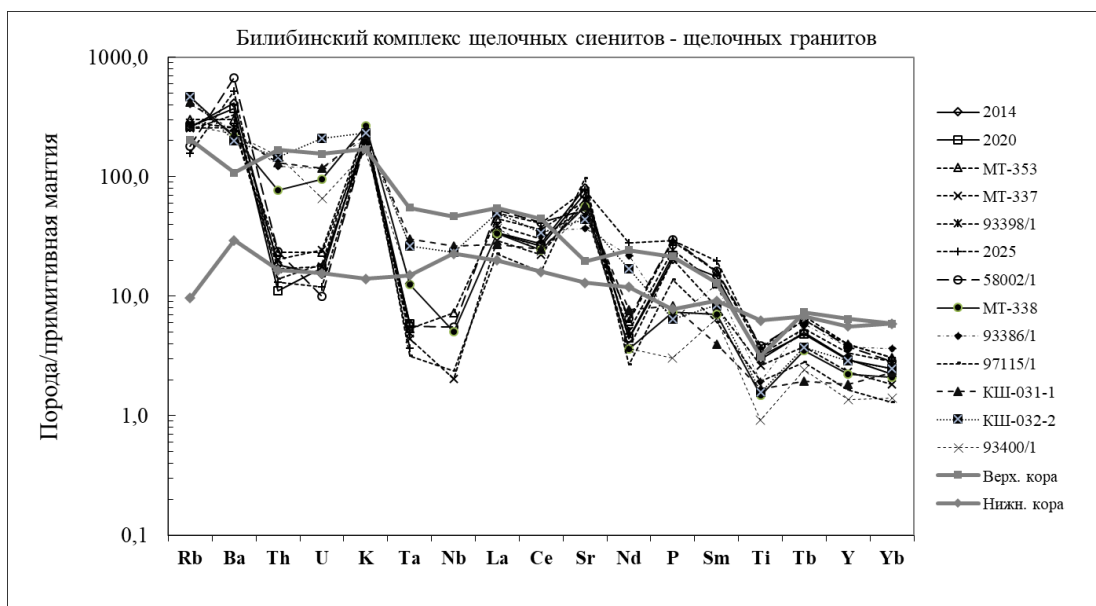


Рис. 5. Спайдердиаграмма, нормированная по примитивной мантии [10] для пород билибинского комплекса щелочных сиенитов-щелочных гранитов; номера соответствуют табл. 1.

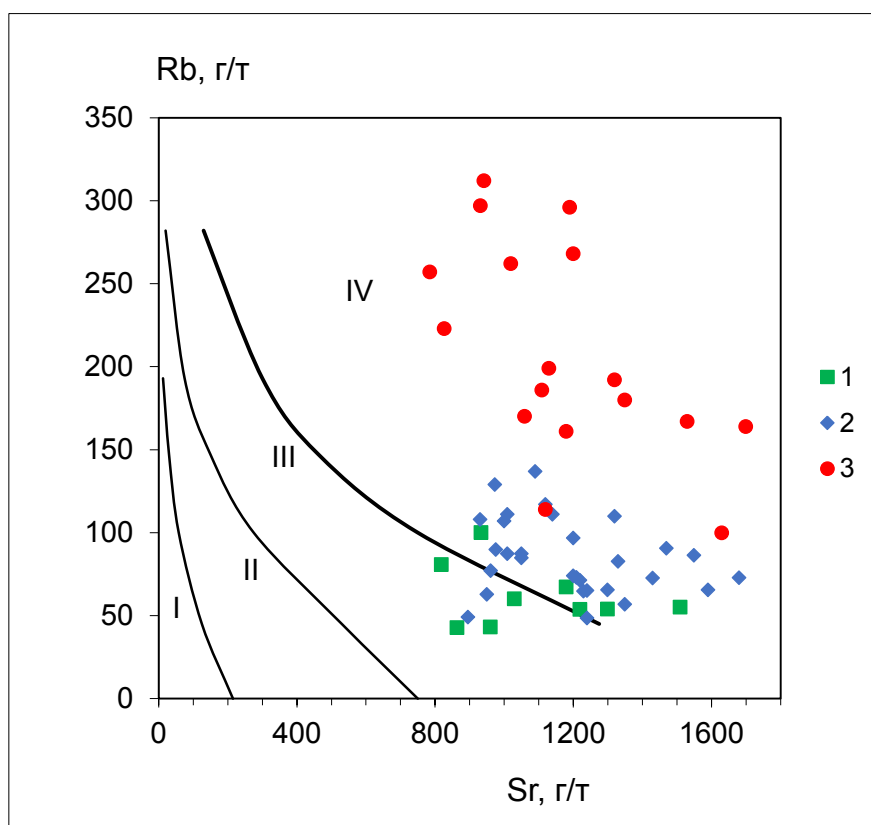


Рис. 6. Диаграмма Sr-Rb для раннемеловых плутонических комплексов Ломамского плутонического района. Поля [6]: I – толеитовой океанической; II – толеитовой континентальной и островодужной; III – орогенной андезитовой, толеитовой повышенной щелочности, лагитовой; IV – лагитовой, щелочно-базальтовой. 1 – кара-буранский комплекс монцодиорит-гранодиоритовый; 2 – чайдахский комплекс монцогаббро-монцогранитовый; 3 – билибинский комплекс щелочных сиенитов – щелочных гранитов.

Таблица 2

**U-Pb изотопные данные, определенные на микрозонде SHRIMP-II  
для пород билибинского комплекса**

Точка	Содержания, г/г			Изотопные соотношения				Возраст	
	U	Th	Pb*	<sup>207</sup> Pb*/ <sup>235</sup> U	±%	<sup>206</sup> Pb*/ <sup>238</sup> U	±%	Pb/ <sup>238</sup> U	±%
2025-1.1	95	68	1.62	0.108	22	0.01952	2.9	124.6	±3.6
2025-2.1	106	96	1.69	0.1206	7.7	0.01852	2.2	118.3	±2.5
2025-2.2	275	154	4.55	0.122	9	0.01909	1.8	121.9	±2.2
2025-3.1	174	74	2.8	0.136	15	0.01847	3.9	117.9	±4.6
2025-4.1	138	133	2.21	0.098	24	0.01823	2.3	116.5	±2.7
2025-5.1	108	70	1.7	0.1205	8	0.01832	2.2	117	±2.6
2025-6.1	183	122	3.04	0.1384	5.8	0.01936	1.8	123.6	±2.2
2025-7.1	120	121	2.11	0.126	20	0.02012	2.3	128.4	±2.9
2025-8.1	85	58	1.41	0.149	8.3	0.01934	2.4	123.5	±3
2025-8.2	133	72	2.28	0.1401	7.1	0.01994	2.1	127.3	±2.6
2025-9.1	443	627	7.14	0.1167	6.2	0.01867	1.4	119.3	±1.7
2025-10.1	333	156	5.46	0.1214	4.6	0.01909	1.5	121.9	±1.8
2025-11.1	106	51	1.77	0.08	48	0.01885	2.9	120.4	±3.5
93386-1.1	97	80	1.53	0.117	22	0.01809	2.5	115.6	±2.9
93386-2.1	83	74	1.4	0.11	27	0.01939	2.7	123.8	±3.3
93386-3.1	94	68	1.48	0.115	20	0.01811	2.5	115.7	±2.9
93386-4.1	108	78	1.71	0.106	22	0.01804	2.4	115.3	±2.8
93386-4.2	87	62	1.39	0.098	26	0.01825	2.7	116.6	±3.1
93386-5.1	139	81	2.35	0.1345	7.4	0.0197	2	125.7	±2.4
93386-6.1	97	79	1.57	0.1181	8.4	0.01882	2.3	120.2	±2.7
93386-7.1	100	111	1.64	0.147	7.8	0.01906	2.5	121.7	±3
93386-8.1	105	65	1.75	0.1176	7.7	0.01931	2.2	123.3	±2.7
93386-9.1	186	123	2.99	0.1303	5.8	0.01867	1.8	119.3	±2.1
93390-1.1	192	140	3.02	0.1308	6	0.01831	2	116.9	±2.3
93390-1.2	484	294	7.61	0.1183	3.8	0.01829	1.4	116.8	±1.6
93390-2.1	459	203	150	6.3	2.4	0.3808	1.1	2080	±20
93390-3.1	473	274	7.53	0.13	3.8	0.01853	1.4	118.4	±1.6
93390-4.1	132	105	2.11	0.12	16	0.01838	2.2	117.4	±2.6
93390-5.1	617	522	9.77	0.1206	4	0.01841	1.3	117.6	±1.5
93390-6.1	120	116	1.98	0.101	21	0.01888	2.3	120.6	±2.7
93390-7.1	332	131	5.75	0.125	13	0.02001	1.6	127.7	±2
93390-8.1	187	98	3.19	0.119	18	0.01956	2	124.8	±2.4
93390-9.1	489	313	7.71	0.1185	4.8	0.01831	1.4	117	±1.6
93390-10.1	705	466	10.7	0.1151	3.3	0.01762	1.3	112.6	±1.4
93390-11.1	312	169	5.04	0.1202	5.8	0.01871	1.4	119.5	±1.6
93390-12.1	449	510	7.01	0.1238	3.4	0.01817	1.2	116.1	±1.4

\* Радиогенная часть свинца. Изотопные отношения скорректированы по <sup>204</sup>Pb. Неточности измерений и возраста даны при 1σ.

Цирконы в породах билибинского комплекса светло-желтого цвета, прозрачные, с включениями и трещинками. Представлены субидiomорфными кристаллами призматического облика и их обломками, длина цирконов – от 75 до 280 мкм, коэффициент удлинения – от 1 до 6. В катодоллюминесцентном изображении цирконы имеют яркое свечение и в основном грубую и секториальную (реже тонкую) контрастную магматическую зональность (рис. 7).

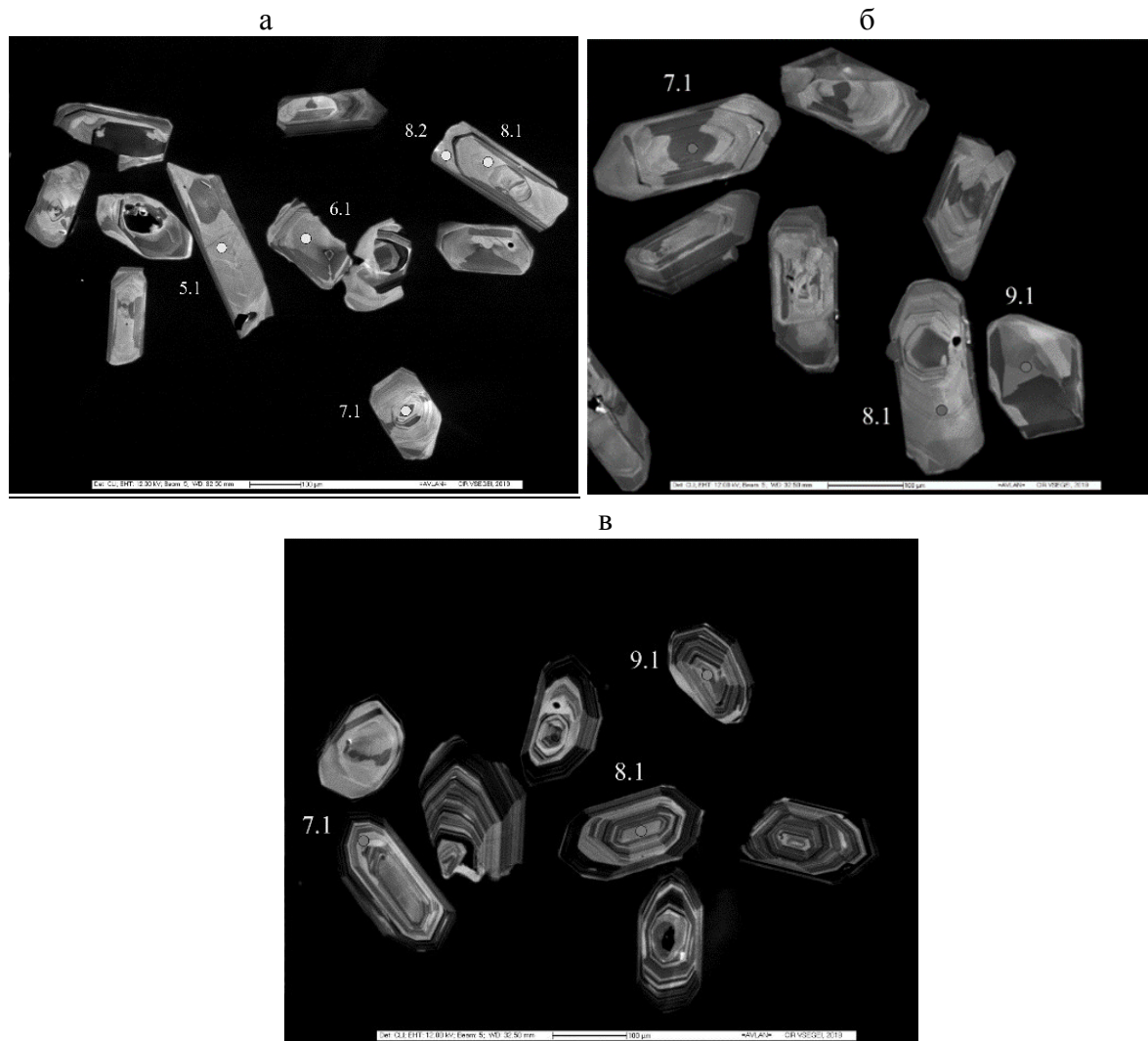


Рис. 7. Катодоллюминесцентные изображения цирконов из пород Чайдахского массива: а – меланосиенит (проба 2025); Билибинского массива: б – щелочной лейкократовый сиенит (проба 93386/1); в – щелочной гранит (проба 93390/1).

U-Pb изотопный возраст (SIMS SHRIMP) меланократового щелочного сиенита первой фазы билибинского комплекса (Чайдахский массив, обр. 2025) составляет  $121,3 \pm 1,4$  млн. лет, СКВО = 0,37, вероятность конкордантности 0,54 (по 13 точкам); нордмаркитов второй фазы (Билибинский массив, обр. 93386/1) –  $119,7 \pm 1,7$  млн. лет, СКВО = 0,0085, вероятность конкордантности 0,93 (по 10 точкам); монцогранитов пятой фазы билибинского комплекса (Билибинский массив, обр. 93390/1) –  $116,8 \pm 1,1$  млн. лет, СКВО = 0,071, вероятность конкордантности 0,79 (по 10 точкам) (рис. 8). Полученные датировки свидетельствуют о формировании билибинского комплекса синхронно с чайдахским, в возрастном интервале 115–123 млн. лет, что соответствует аптскому веку раннего мела.



Формирование ареала раннемеловых умереннощелочных и щелочных пород Ломамского плутонического района обусловлено действием горячей точки, эпицентром которой является уникальный многофазный Билибинский массив центрального типа, в его строении участвуют серия щелочных пород – от ультраосновных до кислых [2]. Как показано в [3], образование первичных щелочно-ультраосновных магм при формировании Билибинского массива происходит под действием плюмовых процессов. Вероятнее всего, действие горячей точки связано с функционированием мезозойского Алдано–Зейского мантийного плюма [2]. Полиформационность раннемелового магматизма обусловлена многократностью проявления магматической деятельности на одних и тех же площадях, а также наличием нескольких разноглубинных магматических очагов, генерирующих расплавы разной щелочности и совмещением во времени и пространстве продуктов их внедрения. Исследования проводились в рамках объекта ФГБУ «ВСЕГЕИ» – «Проведение в 2021-2023 годах региональных геологосъемочных и картосоставительских работ масштаба 1:200000 на группу листов в пределах Республики Саха (Якутия)» в соответствии с Государственным заданием Федерального агентства по недропользованию от 14.01.2021 № 049-00016-21-00.

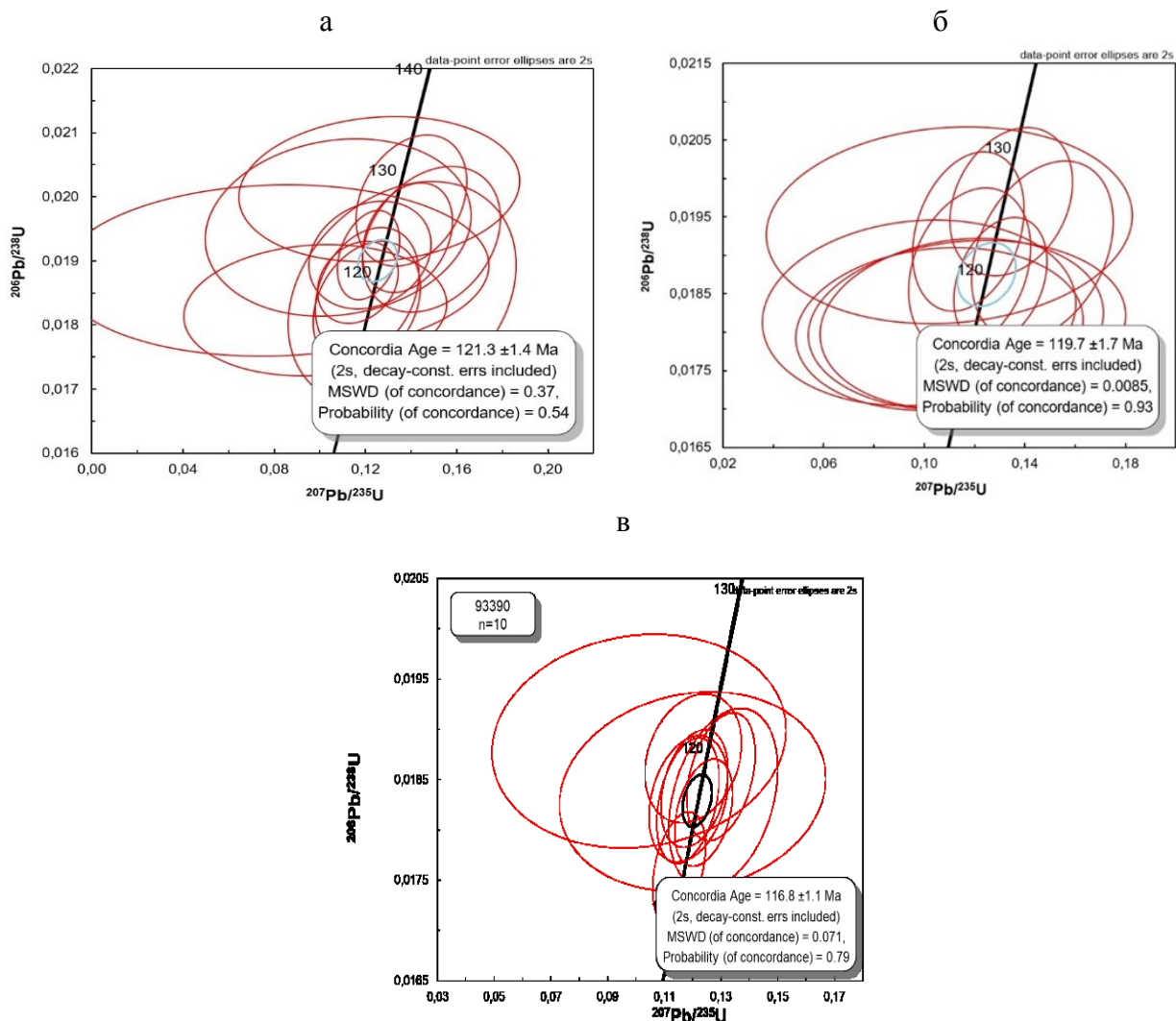


Рис. 8. Диаграммы с конкордией для цирконов из пород Чайдахского массива: а – меланосиенит (проба 2025); Билибинского массива: б – щелочной лейкократовый сиенит (проба 93386/1); в – щелочной гранит (проба 93390/1).

## Опубликованная литература

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000. Лист О–52 (Третье поколение) / сост. А.В. Радьков – СПб.: ВСЕГЕИ, 2016.
2. Владыкин, Н.В. Петрология калиево-щелочных лампроит-карбонатитовых комплексов, их генезис и рудоносность // Геология и геофизика. – 2009. – Т. 50 (12). – С. 1443-1455.
3. Владыкин, Н.В. Модель зарождения и кристаллизации ультраосновных–щелочных–карбонатитовых магм Сибирского региона, проблемы их рудоносности, мантийные источники и связь с плюмовым процессом // Геология и геофизика. – 2016. – Т. 57, №5. – С. 889-905.
4. Петрищевский, А.М., Юшманов, Ю.П. Геофизические, магматические и металлогенические признаки проявления мантийного плюма в верховьях рек Алдан и Амур // Геология и геофизика. – 2014. – Т. 55, №4. – С. 568-593.
5. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. – М., 2009. – 200 с.
6. Ферштатер, Г.Б., Бородина, Н.С. Петрография магматических гранитоидов (на примере Урала). – М.: Наука, 1975. – 288 с.
7. Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A. et. al. A classification of igneous rocks and glossary of terms. – Blackwell; Oxford, 1989.
8. Maeda, J. Opening of the Kuril Basin deduced from the magmatic history of Central Hokkaido, North Japan // Tectonophysics. – 1990. – №174. – P. 235-255.
9. Maniar, P.D., Piccoli, P.M. Tectonic discrimination of granitoids // Geol. Soc. Am. Bull. – 1989. – V. 101. – P. 635-643.
10. Sun, S.-S., McDonough, W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implication for mantle composition and processes // Magmatism in ocean basin. Geol. Soc. Publ. 42. Blackwell Scientific Publ., 1989. – P. 313-346.

## Фондовая литература

11. Артемьев, Д.С. и др. Отчет о результатах работ по объекту «Проведение в 2017-2019 гг. региональных геолого-съемочных работ масштаба 1 : 200 000 на группу листов в пределах Республики Саха (Якутия), ГДП–200/2 листа О–52–XXVII (Ломамская площадь)», 2019.
12. Артемьев, Д.С., Ладыгина, М.Ю., Баранов, А.И., Мельников, Р.В. Объяснительная записка к ГХО–200 листа О–52–XXVI (Чайдахская площадь) в рамках объекта «Проведение в 2018-2020 годах региональных геолого-съемочных работ масштаба 1:200 000 на группу листов в пределах Республики Саха (Якутия)». – 2020. – С. 121.
13. Амарский, В.Г., Брейдо, А.И. и др. Геологическое строение и полезные ископаемые Ломамского района Якутии. Отчет Ломамской партии за 1971-1974 гг. – ОФ ЮЯКЭ, 1974.
14. Бирюков, Е.И. и др. Отчет Ытымджинской партии о результатах групповой геологической съемки м-ба 1 : 50 000 на листах О–52–110–Г, О–52–111–В,Г, О–52–123–АБВГ и общих поисков за 1985–1990 гг. – Алдан, 1990.
15. Сидоров, И.Т., Петрова, И.А. и др. Отчет о геологической съемке (групповой) масштаба 1 : 50 000 на территории листов О–52–100–Б, В; –101–А, Б; –112–А,В (по работам Ардайской ПСП в 1973-76 гг. – Чульман, 1976.
16. Малич, Н.С., Миронюк, Е.П. (отв. исполнители). Разработка общей корреляционной схемы геологических образований Сибирской платформы как основа для сводных легенд серий Госгеолкарты СССР м-ба 1 : 50 000. Окончательный отчет по теме №27 за 1983-1986 гг. – Л.: ВСЕГЕИ, 1986.
17. Максимов, Е.П., Карелин, В.В., Уютов, В.И. Мезозойский щелочной–субщелочной магматизм Алдана и оруденение (отчет по теме: «Серии мезозойских щелочных и субщелочных пород Алдана и их рудная специализация»). – Якутск: ЯТГУ, 1974.
18. Утробин, Д.В., Максимов, Е.П., Хотина, Е.Б. Объяснительная записка к легенде Алданской серии листов Государственной геологической карты Российской Федерации м-ба 1 : 200 000 (изд. второе). – ФГГП «Алдангеология», 2000.