

Вулканыты моадийской толщи Немта-Гурского золотоносного района, их геологические и геохимические особенности (Западный Сихотэ-Алинь)

Аннотация. В результате комплексного изучения вулканических пород моадийской толщи Немта-Гурского золотоносного района Западно-Сихотэ-Алинского вулканогенного пояса получены новые данные по геологическому строению района исследований, геолого-структурным особенностям и геологической позиции моадийской толщи, химизму пород и особенностям их микроэлементного состава. Установлено, что слагающие район исследований вулканогенные толщи накапливались за счёт длительных, периодически происходивших процессов эоценового и миоценового магматизма в Моадийской, Соолийской и Пихца-Мухенской палеовулканоструктурах, слагающих Немта-Гурский золотоносный район. Сохранению моадийской толщи от интенсивного размыва способствовали мощные покровы миоценовых базальтоидов острогорского комплекса, широко распространённые в районе исследований. Для сравнения близких по составу вулканических пород моадийской толщи и острогорского комплекса был построен ряд петрохимических диаграмм. Вулканыты моадийской толщи принадлежат к трахиандезитам и трахиандезибазальтам высококальциевой шошонит-латитовой серии, а острогорские вулканыты представлены преимущественно трахибазальтами и трахиандезибазальтами известково-щелочной серии. Моадийские вулканыты характеризуются более высокими показателями глинозёмистости, калиевого и щелочного содержания, они относительно низкотитанистые, низкомагнезиальные и менее железистые по сравнению с миоценовыми острогорскими базальтоидами. Отличаются они и по палеогеодинамическим обстановкам формирования. Если вулканыты моадийской толщи создавались в условиях, идентичных палеогеодинамической обстановке вулканических дуг, то вулканыты острогорского комплекса отвечают палеогеодинамическим обстановкам базальтов срединно-океанических хребтов и океанических островов, подобных Гавайским. Существенные различия в количествах железа (на 4–6 %) и в отношениях Th/Ta (в 8 раз) указывают на то, что составы сравниваемых вулканических пород имеют различные источники мантийного расплава.

Важным результатом исследований моадийской толщи является обнаружение в вулканических породах (спектральный анализ проб методом ИСП-МС на масс-спектрометре ICP-MS Elan 9000, Канада) повышенных и высоких концентраций золота, серебра, вольфрама и ртути, включая промышленно интересное содержание золота (2,5 г/т).

Перспективность моадийской толщи на рудоносность также связывается с благоприятными геолого-структурными особенностями локализации толщи, связанными с историей их формирования и развития в составе Немта-Гурского золотоносного района.

Ключевые слова: моадийская толща, эоцен, вулканыты, золотоносность, миоцен, острогорский комплекс, андезибазальты, палеогеодинамические обстановки.

НИГАЙ ЕЛЕНА ВАЛЕНТИНОВНА, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, helenvn54@gmail.com

Институт тектоники и геофизики им. Ю. А. Косыгина ДВО РАН, г. Хабаровск

Volcanic rocks of the Moadian sequence of the Nemta-Gur gold-bearing region, their geological and geochemical features (Western Sikhote-Alin)

E. V. NIGAI

Yu. A. Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk

Abstract. A comprehensive study of volcanic rocks of the Moadian sequence in the Nemta-Gur gold-bearing region of the Western Sikhote-Alin volcanic belt provided new data on the geological structure of the study area,

the geological and structural features and geological position of the Moadian sequence, and the chemistry and trace element composition of the rocks. It was established that the volcanic sequence composing the study area accumulated through the Eocene and Miocene prolonged periodic magmatic processes within the Moadi, Sooli, and Pikhtsa-Mukhen paleovolcanic structures that comprised the Nemta-Gur gold-bearing region. The Moadian sequence was preserved from intense erosion due to thick sheets of Miocene basalts of the Ostrogorsky complex, widespread in the study area. A series of petrochemical diagrams were constructed for comparison between the volcanic rocks of the Moadian sequence and Ostrogorsky complex, that are similar in composition. The volcanic rocks of the Moadian sequence belong to trachyandesites and basaltic trachyandesites of the high-potassium shoshonite-latitude series, while the Ostrogorsky volcanics are predominantly represented by trachybasalts and basaltic trachyandesites of the calc-alkaline series. The Moadian volcanics are characterized by higher alumina, potassium, and alkalis contents; they are relatively low in titanium, low in magnesium, and lower in iron than the Miocene Ostrogorsky basaltoids. They also differ from each other in their paleogeodynamic formation settings. While the volcanics of the Moadian sequence formed under conditions identical to those of volcanic arcs, the volcanics of the Ostrogorsk complex correspond to the paleogeodynamic settings of basalts of mid-ocean ridges and of oceanic islands similar to Hawaiian. Significant differences in iron contents (by 4–6 %) and Th/Ta ratios (by 8 times) indicate that the compositions of the compared volcanics have different mantle melt sources.

An important result of the study of the Moadian sequence is the discovery of elevated and high concentrations of gold, silver, tungsten, and arsenic in the volcanic rocks (ICP-MS analysis of the samples using an Elan 9000 ICP-MS mass spectrometer, Canada).

The ore-bearing potential of the Moadian sequence is also associated with the favorable geological and structural features of its localization, that are related to the history of its formation and development within the Nemta-Gur gold-bearing region.

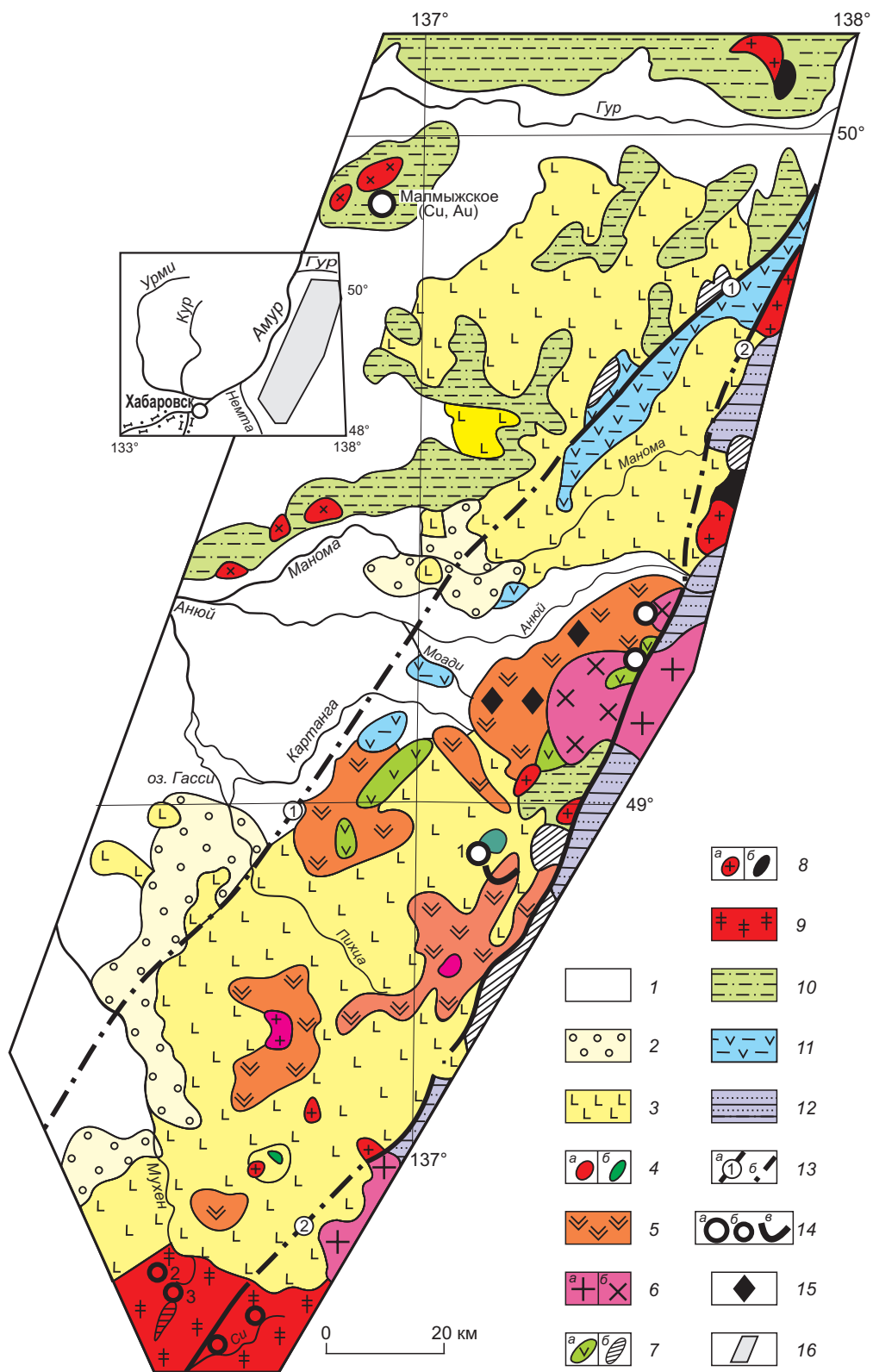
Key words: Moadian sequence, Eocene, volcanic rocks, gold-bearing potential, Miocene, Ostrogorsk complex, andesibasalts, paleogeodynamic settings.

Введение. Районом исследований является Немта-Гурский золотonosный район, входящий в состав Западно-Сихотэ-Алинского вулканогенного пояса. Объекты исследований – вулканиты моадийской толщи, значительно распространённые в рассматриваемом районе. Он полностью покрыт геологической съёмкой масштаба 1 : 200 000 [10, 16, 29, 37, 39]. На данной площади проводились поисково-оценочные и геологоразведочные работы на разные виды минерального сырья, в основном – на рудное и россыпное золото, поисками которого занимались геологические партии и отряды под руководством В. А. Исполинова (1971–1973), В. А. Дымовича (1976–1981), С. Л. Штейнберга (1978–1981), В. Ф. Погадаева (1982), В. А. Прыткова (1982), В. М. Калмыкова (1992), А. И. Замбрицкого (2002), Ю. П. Змиевского (2003), В. И. Шпикермана (2003) и др.

Целью и задачами настоящей работы являлось установление геологических особенностей вулканитов моадийской толщи в составе Немта-Гурского района, выявление её геохимических особенностей, интерпретация геохимических данных для определения палеогеодинамической обстановки формирования толщи, сравнение её с миоценовыми базальтоидами района исследований.

Методика исследований включала сбор и анализ материалов по геологии и золотонности Немта-Гурского района, составление схемы геологического строения и схематического геологического разреза района исследований, микроэлементный анализ проб моадийской толщи, обработку геохимических данных, подбор и построение петрохимических диаграмм. Проанализированы 15 проб магматических пород, в том числе 3 пробы вулканитов моадийской толщи из камнехранилища ТФГИ (г. Хабаровск), отобранных при составлении Госгеолкарты масштаба 1 : 200 000 [16]. Определения благородных, радиоактивных, редкоземельных и редких металлов проведены в ЦКП ХИАЦ (ИТиГ ДВО РАН) методом ИСП-МС на приборе масс-спектрометре ICP-MS Elan 9000 (Канада) химиками-аналитиками Г. Ф. Золотухиной, Т. В. Лавлинской, Н. В. Кожемяко.

Геологическое строение и история формирования золотonosного Немта-Гурского района. Немта-Гурский район (рис. 1) является частью Западно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса (ЗСАВП), выделенного В. И. Суховым в качестве крупного базальтоидного пояса щёлко-оливин-базальтового состава в Сихотэ-Алинской складчатой области [30]. ЗСАВП выделяли также и другие



исследователи Востока России: М. В. Мартынюк [19], В. Г. Хомич [40], В. М. Степаненко [28], Л. Б. Сушкин [32] и др. Этот пояс характеризуется широким распространением кайнозойских вулканогенных, вулканогенно-осадочных, осадочно-вулканогенных и интрузивно-магматических пород. Он ориентирован в ССВ направлении и простирается от северной окраины Ханкайского массива до субширотной долины р. Гур [30, 31, 34], к северу от которой осложнён СЗ ответвлением [30]. Протяжённость ЗСАВП более 500 км при ширине 40–100 км.

Немта-Гурский золотоносный район имеет площадь 300×50 км², простирается в ССВ направлении, от южных притоков р. Немта до субширотной долины р. Гур на севере (см. рис. 1). На востоке граница проходит по Центральному Сихотэ-Алинскому разлому, на западе – по восточному обрамлению Среднеамурской рифтогенной впадины. Сложен район преимущественно моадийскими эоценовыми и острогорскими миоценовыми вулканитами, сохранившимися от эрозии за счёт своей относительно большой мощности. При этом важную роль в сохранении моадийских вулканитов от значительного размыва сыграл миоценовый вулканизм, с периодическими крупными излияниями острогорских потоков магмы, бронировавших образования моадийской толщи.

Моадийские эоценовые вулканиты распространены только в пределах Мухен-Ануйской вулка-

ногенной зоны (Дымович, 2007), расположенной между долинами рек Мухен и Ануй.

Этап заложения позднемезозойского фундамента Немта-Гурского золотоносного района исследователи относят к раннему мелу, ко времени формирования готеривской хунгарийской серии высокоглинозёмистых гранитоидов [19], вскрытых в верховьях рек Мухен и Немта и ограничивающих с юга рассматриваемый район (см. рис. 1).

В северной части района, в бассейне р. Гур, крупнообломочные морские терригенные отложения альб-сеномана с размывом залегают на готерив-барремской горнопротокской свите, сложенной осадочными породами [37]. Отложения горнопротокской, пионерской, пиванской свит раннего мела вскрыты под миоценовыми базальтами по правобережью р. Маномы и в бассейне р. Гур.

В позднем мелу произошло внедрение субвулканических интрузий северянского комплекса в раннемеловую осадочную толщу кхемской свиты. Северянские андезиты вскрыты в эрозионных окнах миоценовых платобазальтов острогорского комплекса. Внедрение позднемеловых субвулканических интрузий в раннемеловые осадочные толщи происходило синхронно с накоплением вулканогенно-осадочной толщи северянского комплекса, представленного андезитами, их туфами, лавобрекчиями, конгломератобрекчиями. Некоторые из позднемеловых субвулканических интрузий, по нашим представлениям, являются поздне-

Рис. 1. Схема геологического строения Немта-Гурского вулканогена. Составила Е. В. Нигай, с использованием материалов [5, 16]:

1 – плиоцен-четвертичные рыхлые отложения приамурской свиты (60–100 м); 2 – миоцен-плиоценовые отложения головинской и ушумунской свит (350 м); 3 – миоценовые базальты и андезибазальты острогорского комплекса; 4 – позднеэоценовые субвулканические интрузии левотормасинского комплекса: а – кварцевые монцониты, монцодиориты, граносиениты, диоритовые порфириды, б – габбродиориты и диориты; 5 – андезиты, андезибазальты палеоцен-эоценовой моадийской толщи (400–500 м); 6 – палеоценовые интрузивные комплексы: а – гранодиориты, диоритовые порфириды аванского комплекса, б – граниты верхнеудоминского комплекса; 7 – позднемеловые вулканические и субвулканические комплексы: а – андезиты, их туфы и лавобрекчии северянской толщи, б – субвулканические андезибазальты и базальты; 8 – нижнеамурский и мяочанский интрузивные комплексы позднего мела: а – граниты, б – гранодиориты, габбродиориты, габбро; 9 – граниты хунгарийского комплекса раннего мела; 10 – раннемеловые алевролиты, песчаники, конгломераты, гравелиты, туфы андезитов горнопротокской, пиванской, пионерской свит (600–1250 м); 11 – юрско-меловые кремни, кремнистые аргиллиты, алевролиты, базальты маноминской толщи (900 м); 12 – поздне-триасовые песчаники, гравелиты, базальты, конгломераты, кремнистые и кремнисто-глинистые породы тормасинской толщи (2800 м); 13 – основные разломы: а – Маноминский (1), Центральный Сихотэ-Алинский (2), б – разломы под рыхлыми отложениями и покровами базальтов; 14 – золотоносность: а – месторождение Малмыжское, б – проявления рудного золота: Болотистое (1), Пунчи (2), Рыбачье (3), в – россыпь золота руч. Болотистый; 15 – места отбора проб из моадийской толщи; 16 – на врезке показан район исследований

меловыми центрами вулканической деятельности. Их возраст по Rb-Sr определениям составляет, по данным В. А. Дымовича [10], 80–66 Ма. Он совпадает с возрастом гранодиоритов, габбродиоритов и монцонитов первой фазы магматизма нижнеамурского комплекса, с которым связано образование наиболее ранних золоторудных жил на Многовершинном месторождении с возрастом 68–66 Ма, по данным Э. П. Хохлова (1974). Значительная часть позднемеловых северянских покровов, распространённых в районе, была уничтожена эрозией. Были обнажены, в частности, позднемеловые мяочанские малые интрузии, вскрытые в западной части северного Гур-Ануйского блока района исследований. Вблизи контактов кварцевых диоритов, диорит-порфириров и гранодиорит-порфириров позднемелового мяочанского комплекса с осадочными толщами раннемеловой горнопротокской свиты в 2015 г. было открыто и сейчас разрабатывается крупное, более 5 млн т разведанных запасов меди [11], Cu-Au-порфировое месторождение Малмыжское. К югу от него малые интрузии хр. Гион по правобережью р. Маном сложены такими же гранодиоритами и гранодиорит-порфирами мяочанского комплекса (см. рис. 1).

В палеоцене произошло внедрение интрузивов диоритовых порфириров и гранодиоритов двух фаз *аванского комплекса*, что по времени совпадает с внедрением интрузий кварцевых диоритов, монцодиоритов и субщелочных гранитов раннепалеогенового бекчиулского комплекса, с которым исследователи связывают формирование золоторудных жил второй фазы магматизма на Многовершинном объекте, возраст их составляет 66,2–63,8 Ма [12, 21].

В эоцене развитие района исследований активизировалось в связи с крупными вспышками моадийского вулканизма (57–34 Ма), свидетельством которого являются широко распространённые эоценовые андезиты, андезибазальты, их туфы, лавобрекчии в бассейнах рек Картанга и Пихца, в левобережье р. Ануй и правобережье р. Мухен [5, 10] (см. рис. 1). В позднем эоцене габбродиориты и диориты первой фазы, сиениты и диорит-порфиры второй фазы левотормасинского комплекса были интродуцированы в моадийскую толщу и осадочные толщи раннего мела. Часть моадийских вулкаников и левотормасинских малых интрузий перекрыта острогорскими плато-базальтами и осадочными отложениями головинской, ушумунской и приамурской свит, распро-

странённых вдоль восточного борта Среднеамурской впадины [16].

В раннем, среднем и позднем миоцене проявились три крупные вспышки острогорского вулканизма [25] в виде мощных излияний базальтовых и андезибазальтовых лав острогорского комплекса, в значительной степени перекрывших вулканиды моадийской толщи и др. образования. Острогорские базальты имеют геохимическое сходство с аякитскими миоценовыми базальтами, распространёнными преимущественно в восточном обрамлении Буреинского массива. В обоих комплексах отмечаются повышенные показатели железистости и магнезиальности [22]. Аякитский и острогорский вулканические комплексы входили ранее в состав *кизинской свиты* [2, 7, 24]. В настоящее время распространение её показано только в Восточно-Сихотэ-Алинском вулканогенном поясе [9, 41]. Разделение кизинской свиты на три части мы объясняем их вхождением в состав разных блоков земной коры или террейнов, по [8, 38]. Кизинская свита входит в Кемский террейн, острогорский комплекс – в Киселевско-Маноминский, аякитский – в Хабаровский.

Магматизм в Немта-Гурском районе завершился в плиоцене, 4,8–4,1 млн лет назад [25]. Самые молодые магматические образования района – плиоцен-четвертичные базальты совгаванской свиты, откартированные Г. И. Харитоновичем в районе оз. Синдинское [39], но на ГГК-1000/3 упразднённые [5]. Широкое распространение совгаванской свиты показано В. А. Дымовичем [9] в Восточно-Сихотэ-Алинском вулканогенном поясе.

Палеовулканоструктуры интенсивно разрушались между вспышками вулканизма, в периоды относительного тектонического покоя. Документация по опорным скважинам и разрезам, изученная в фондах ТФГИ (г. Хабаровск), показывает, что среди миоценовых обломочных песчано-галечниковых отложений бассейна р. Ануй и её притоков, помимо конгломератобрекчий и гальки базальтов и андезибазальтов, содержится большое количество полуразложившихся валунов и гальки риолитов и дацитов, указывающих на большое разнообразие петрографического состава кайнозойских вулкаников (Дымович, 1986; Кузьменко, 1978; Харитоновичев, 1970). Мелкий пирокластический материал превратился в дресву, песок, красные и светло-серые глины.

Рассматриваемый район приобрёл современные очертания рельефа в виде срезанных вершин

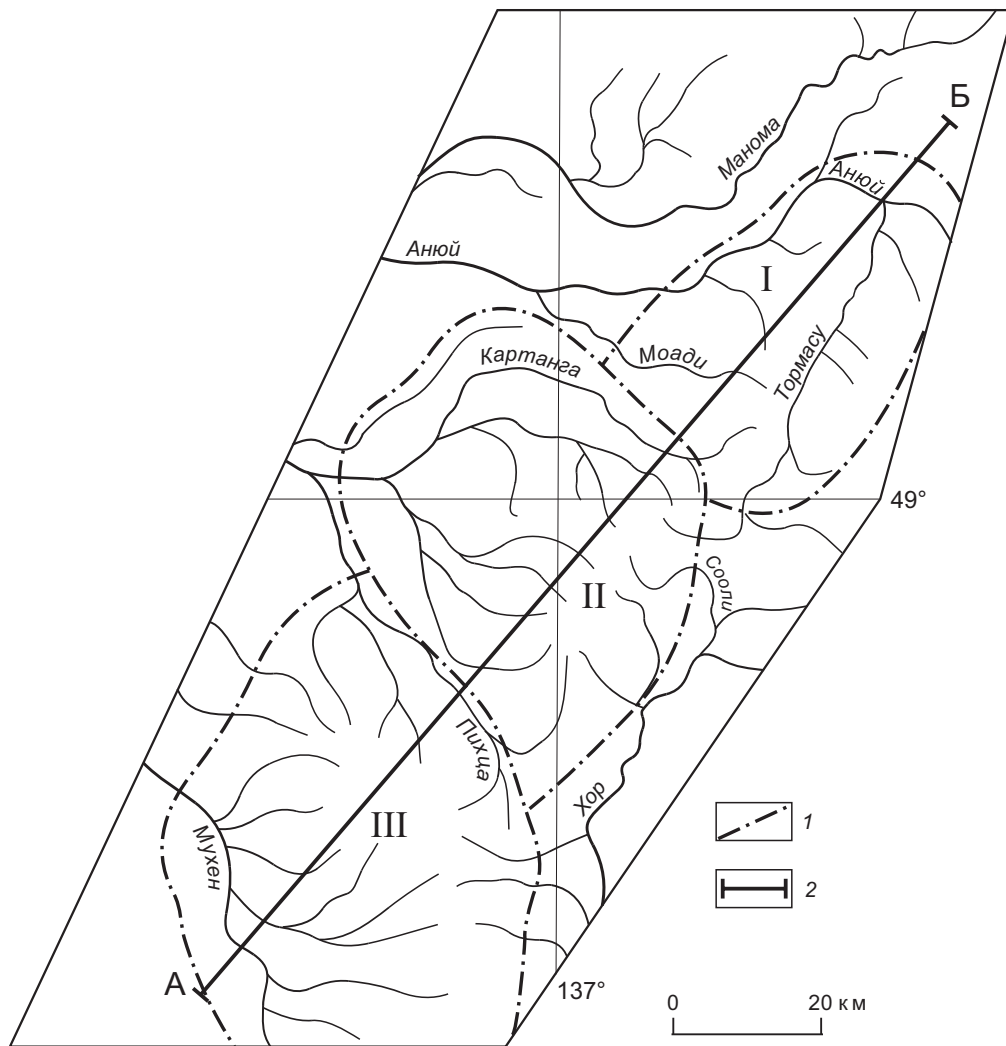


Рис. 2. Схема размещения трёх основных ВТС Немта-Гурского вулканогена. Составила Е. В. Нигай:

ВТС: I – Моадийская, II – Соолийская, III – Пихца-Мухенская; 1 – границы ВТС; 2 – линия геологического профиля

и выположенных склонов водоразделов к началу плейстоцена, то есть около 2,5 млн лет назад. В центральных частях палеовулканоструктур были вскрыты субвулканические интрузии позднемеолового и эоценового возраста.

Между Маноминским и Центральным Сихотэ-Алинским разломами исследователи [30, 32, 33] выделяют крупные палеовулканоструктуры, предположительно невысокие щитовые палеовулканы палеоцен-эоценового, эоценового и эоцен-миоценового возраста (рис. 2). Это Моадийская, Соолийская и Пихца-Мухенская вулканотектонические

структуры (ВТС). Границы ВТС являются достаточно условными, более молодые палеовулканы накладывались на более древние. На рис. 3 представлен их схематический геологический разрез по линии А-Б.

Золотоносность района исследований. Моадийская и Соолийская ВТС входят в крупный *Левотормасинский золотоносный рудно-россыпной узел*. В нём размещаются: месторождение Россыпь Ручья Болотистого (добыто более 7,9 т россыпного золота) и два проявления рудного золота (см. рис. 1), приуроченные к зонам брекчирования,

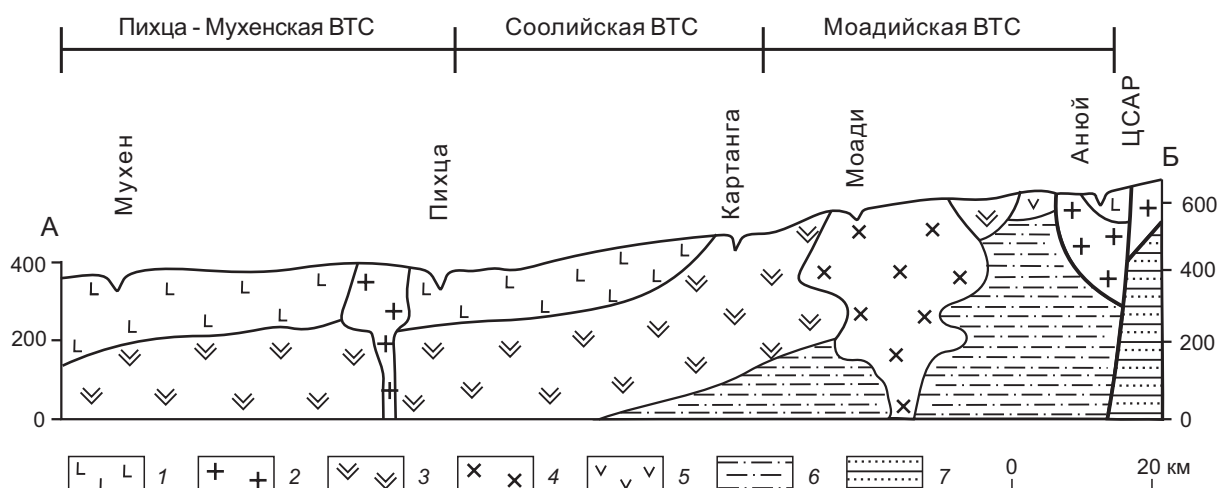


Рис. 3. Схематический геологический разрез по линии А-Б. Составила Е. В. Нугай:

1 – миоценовые базальты острогорского комплекса; 2 – позднеэоценовые монцодиориты левотормасинского комплекса; 3 – эоценовые андезиты, андезибазальты моадийской толщи; 4 – палеоценовые диоритовые порфиры аванского комплекса; 5 – позднемеловая северянская свита; 6 – раннемеловые осадочно-вулканогенные породы кхемской свиты; 7 – кремнисто-глинистые отложения тормасинской свиты; ЦСАР – Центральный Сихотэ-Алинский район

прожилкового окварцевания и гидротермальных изменений в вулканических породах – андезитах и андезибазальтах палеоцена и эоцена, на контактах с малыми интрузиями габбродиоритов, диоритовых порфиритов и кварцевых диоритов позднеэоценового левотормасинского интрузивного комплекса первой и второй фаз. Рудные минералы представлены самородным золотом и серебром, пиритом, пирротинном, сфалеритом, галенином, висмутином, тетрадимитом, гематитом. Наиболее полно в этом узле изучено рудопроявление золота *Болотистое*, локализованное в Соолийской ВТС. Рудопроявление приурочено к субвулканической малой интрузии габбродиоритов левотормасинского комплекса с отходящими от неё золотоносными дайками и силлами диоритовых порфиритов [5, 33]. Геохимический тип минерализации этого рудопроявления определён как золото-висмут-теллуrowый [13, 18]. Левотормасинский рудно-россыпной узел является показателем развития молодого эоценового плутоногенного оруденения россыпеобразующей формации в Западном Сихотэ-Алине [28].

Пихца-Мухенская вулканотектоническая структура размещается в южной части района и входит в *Немтинский золоторудный узел*. В нём выявля-

ны проявления золота *Рыбачье* и *Пунчинское* (см. рис. 1). Пунчинское рудопроявление золота приурочено к контакту позднеэоценовых левотормасинских кварцевых монцонитов с раннемеловыми хунгарийскими гранитами. Вблизи этой ВТС, в верховьях р. Си, в границах Немтинского золоторудного узла, известны также ещё два рудопроявления золота. Они приурочены к контакту раннемеловых хунгарийских гранитов с малыми интрузиями и дайками диоритовых порфиритов позднемелового корфовского комплекса и позднеэоценовых диоритов левотормасинского комплекса [5].

Особенности геологического строения Моадийской ВТС. В эоцене центральная и южная части Немта-Гурского золотоносного района явились ареной мощных вспышек вулканизма, о котором свидетельствуют многослойные покровы андезибазальтов, андезитов, трахиандезибазальтов с горизонтами гравелитов и конгломератов эоценовой моадийской толщи мощностью до 500 м (данные по скважинам, пробуренным в 1970-е гг.) [16]. Возраст их по споро-пыльцевым спектрам и калий-аргоновым датировкам определён в интервале 57–34 Ма (практически весь эоцен) [10]. В связи с большой длительностью магматических процессов, несмотря на периодические размывы,

моадийская толща может характеризоваться и большими мощностями, т. е. более 0,5 км.

Моадийская вулканотектоническая структура, из юго-западной части которой были отобраны пробы моадийской толщи (бывшей кузнецовской свиты, небольшая часть которой сохранилась за пределами района исследований – в области позднемеловой гранитизации Центрального Сихотэ-Алиня), находится в центре восточной части Немта-Гурского района, в верховьях рек Моади и Картанга. Площадь Моадийской ВТС составляет $40 \times 24 \text{ км}^2$. Русло р. Моади прорезают вулканиты моадийской толщи. С востока толща срезана долиной р. Тормасу, вдоль уступа долины которой проходит линия Центрального Сихотэ-Алинского разлома. Северо-западная часть Моадийской ВТС размывает р. Анюй (см. рис. 2). В центре ВТС вскрыт Тухалинский гранодиоритовый интрузив аванского палеоценового комплекса площадью $20 \times 12 \text{ км}^2$, который с запада обрамляют вулканиты моадийской толщи, частично размытой долинами рек Анюй, Моади и Картанга (см. рисунки 1 и 3). Характерной особенностью Тухалинского интрузива является то, что западная часть его сложена гранодиоритами и диоритовыми порфиритами палеоценового аванского комплекса, а восточная – одновозрастными гранитами верхнеудоминского комплекса. Две части интрузива разделены Центральным Сихотэ-Алинским швом (см. рис. 1). Тухалинский интрузив прорывает раннемеловые терригенно-осадочные породы кхемской свиты и северянскую позднемеловую свиту андезитов.

Вулканиты моадийской толщи слагают также Пихца-Мухенскую и Соолийскую ВТС (см. рисунки 1, 2, 3). В северном, Гур-Ануйском блоке Немта-Гурского района они отсутствуют.

Эрозионный срез Моадийской ВТС ориентировочно составляет 700–1200 м при первоначальной высоте предполагаемого щитового палеовулкана 1400–1800 м. В расчёт нами приняты обрушившаяся, а затем полностью разрушенная верхняя часть моадийского палеовулкана (200–400 м) и предположительно наполовину срезанный эрозией Тухалинский интрузивный массив (500–800 м). Такие срезы (500–1500 м) палеовулканических построек характерны для многих гипабиссальных интрузивно-вулканических золотоносных структур, вмещающих кайнозойские эпитегрмальные месторождения Au и Ag. Это месторождения Нижнего Приамурья, Камчатки, Курил,

Японии [1, 6, 12, 20, 41, 43, 44]. Они имеют характерные черты вулканогенного, вулканогенно-гидротермального и вулканогенно-плутоногенного рудообразования [4, 26, 27, 38] и достаточно длительный возраст формирования: палеоцен-эоценовый, эоценовый, эоцен-олигоценый, миоценовый [3, 20, 21]. Например, на крупном месторождении золота Многовершинном (Нижнее Приамурье), по представительным данным Э. П. Хохлова (1974), рудообразование было длительным и многостадийным, охватывающим небольшую часть позднего мела, палеоцен, часть эоцена и олигоцена.

В. Н. Котляр [15] делил золоторудные месторождения вулканических дуг на три типа: I тип – наземные и приповерхностные вулканогенно-гидротермальные месторождения, рудообразование происходило на малых глубинах, от поверхности до 0,5 км; II тип – субвулканические, связанные с субвулканическими комплексами и глубинами 0,5–1,0 км; III тип – интрузивно-вулканические, гипабиссальные, с глубиной рудообразования 1,0–1,5 км. Образование крупных золоторудных жил он связывал с мощными зонами разгрузки гидротермальных вод. Исследователи также отмечают связь золотого оруденения с поствулканическими эпитегрмальными процессами, происходившими под воздействием высоко- и средне-температурных рудоносных растворов [14, 27].

В Моадийской вулканотектонической структуре, сложенной вулканогенными, вулканогенно-осадочными и интрузивными породами среднеосновного и среднего составов, в эоцене могли сформироваться мощные рудные тела на глубинах 1,0–1,5 км (третий тип, по В. Н. Котляру). Глубина эрозионного среза, составляющая (по предварительным расчётам) 0,7–1,2 км, является благоприятной для их вскрытия и возможного обнаружения.

Геохимия пород эоценовой моадийской толщи и острогорского комплекса. Для сравнения эоценовых моадийских и острогорских миоценовых вулканитов, широко распространённых в Немта-Гурском районе, слагающих верхнюю часть его разреза и родственных по петрографическим группам (базальтоиды и андезибазальты), были построены петрохимические диаграммы (рисунки 4–8) по данным таблиц 1, 2, 3. Усреднённый химический состав пород моадийской толщи, по [16], представлен в табл. 1., из которой видно, что он характерен для средних и средне-основных

Табл. 1. Химический состав проб моадийской толщи

Компонент	1	2
SiO ₂	59,37	54,36
TiO ₂	0,92	0,94
Al ₂ O ₃	16,08	18,39
Fe ₂ O ₃	3,71	4,45
FeO	2,62	1,62
MnO	0,14	0,13
MgO	2,95	2,42
CaO	5,64	4,76
Na ₂ O	3,80	4,07
K ₂ O	3,51	4,06
P ₂ O ₅	0,43	0,38
SO ₃	0,02	0,02
CO ₂	0,00	2,69
H ₂ O	0,86	0,75
Сумма (%)	100,05	99,04

пород с повышенными показателями щёлочности и глинозёмистости.

Химический состав проб острогорского комплекса, по [22], представлен в табл. 2. Сравнивая данные двух таблиц, отметим, что моадийские вулканиты содержат на 2–3 % больше глинозёма (Al₂O₃) и значительно большее количество оксида калия, чем острогорские. По данным таблиц 1 и 2 построены классификационные и вариационные диаграммы.

Классификационные диаграммы для пород моадийской толщи и острогорского комплекса (TAS-диаграммы) показаны на рис. 4, из которого видно, что образцы моадийской толщи представлены щелочными трахиандезитами и трахиандезибазами, а острогорского комплекса – андезибазами, трахибазами, трахиандезибазами, щелочными базальтами, базальтами.

Разделение вулканитов по содержаниям K₂O и Na₂O [46] отражено на рис. 4, Б. На диаграмме фигуративные точки моадийской толщи попали в поле пород высококалиевой шошонит-

Табл. 2. Химический состав проб острогорского комплекса, по [22]

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	53,30	51,06	46,25	46,92	48,7	52,54	50,51	44,95	52,4
TiO ₂	1,66	1,49	2,39	1,82	2,01	2,24	2,11	2,09	2,3
Al ₂ O ₃	15,10	14,72	13,95	14,12	14,45	14,30	14,01	13,25	15,5
Fe ₂ O ₃	1,86	3,73	5,06	5,36	2,59	1,22	3,15	2,02	2,3
FeO	8,40	6,40	6,11	6,00	8,27	8,76	6,98	8,23	7,6
MnO	0,13	0,10	0,13	0,19	0,14	0,11	0,09	0,14	0,2
MgO	7,00	7,37	7,97	7,66	8,94	6,82	7,00	9,63	5,4
CaO	7,44	7,55	9,14	8,68	8,01	7,42	7,46	6,58	7,6
Na ₂ O	3,28	3,46	4,64	5,28	3,24	3,30	3,15	4,23	3,6
K ₂ O	0,98	0,46	0,80	1,11	1,90	1,62	1,54	1,70	1,9
P ₂ O ₅	0,32	0,28	0,71	0,72	0,46	0,48	0,45	0,85	0,5
H ₂ O ⁻	1,07	1,55	0,63	0,20	0,18	0,23	1,30	0,28	0,3
H ₂ O ⁺	1,80	2,16	2,75	1,87	0,95	0,97	1,95	6,24	0,8
Сумма (%)	102,34	100,33	100,53	99,93	99,84	100,01	99,70	100,19	100,3

Табл. 3. Микроэлементный состав проб моадийской толщи

Эле- мент	1	2	3	Эле- мент	1	2	3
Li	15,50/0,77	39,36/ 1,96	19,24/0,96	La	37,18/ 1,06	28,91/0,8	22,52/0,6
Be	2,85/ 1,5	0,69/0,38	0,75/0,41	Ce	69,91/0,95	55,23/0,76	47,56/0,96
B	13,75/0,9	2,49/0,16	14,85/0,99	Pr	7,74/0,86	5,62/0,62	5,59/0,62
P	1456,54/ 1,4	695,22/0,66	1653,19/ 1,56	Nd	29,74/0,95	20,06/0,64	23,78/0,76
Sc	12,11/0,8	9,04/0,6	28,63/ 1,9	Sm	5,67/0,63	3,16/0,35	5,20/0,57
Ti	4513,69/0,82	7893,01/ 1,4	6925,06/ 1,25	Eu	1,51/ 1,16	0,64/0,49	1,57/ 1,2
V	140,97/0,94	185,56/ 1,23	345,90/ 2,3	Gd	5,78/0,77	3,09/0,41	5,71/0,76
Cr	58,40/0,53	50,32/0,5	35,38/0,35	Tb	0,71/0,88	0,37/0,46	0,77/0,96
Mn	959,96/0,82	21,46/0,01	1566,35/ 1,36	Dy	3,43/0,83	1,70/0,41	4,05/0,98
Co	21,16/ 1,06	8,60/0,43	36,31/ 1,81	Ho	0,66/0,66	0,30/0,3	0,81/0,8
Ni	13,94/0,22	4,92/0,08	19,94/0,32	Er	1,87/0,89	0,84/0,4	2,22/ 1,05
Cu	64,11/ 1,06	13,51/0,22	86,85/ 1,45	Tm	0,26/0,65	0,11/0,27	0,32/0,8
Zn	68,17/0,93	12,75/0,17	130,92/0,79	Yb	1,67/0,69	0,74/0,3	1,93/0,8
Ga	18,41/ 1,02	26,18/ 1,45	17,97/0,99	Lu	0,25/0,31	0,11/0,13	0,29/0,36
Ge	1,21/0,8	1,38/0,92	1,30/0,86	Hf	3,25/ 1,08	3,49/ 1,16	2,33/0,77
As	1,20/0,6	3,10/ 1,6	5,44/ 2,8	Ta	1,39/ 1,39	1,58/ 1,58	0,47/0,47
Rb	124,99/ 1,31	11,11/0,11	60,84/0,64	W	34,55/ 28,8	34,63/ 28,8	19,43/ 16,2
Sr	747,71/ 1,7	336,14/0,76	683,29/ 1,55	Hg	1,56/ 39,0	1,44/ 36,0	0,96/ 24,0
Y	16,68/0,59	7,82/0,27	19,02/0,68	Pb	9,64/0,6	2,70/0,17	3,79/0,23
Zr	110,27/0,94	124,50/ 1,06	78,00/0,66	Bi	0,001/0,01	0,001/0,01	0,001/0,01
Nb	18,65/ 2,07	24,36/ 2,7	7,12/0,79	Th	20,08/ 2,51	17,72/ 2,21	4,36/0,54
Mo	2,08/ 2,08	3,77/ 3,77	3,97/ 3,97	U	5,93/ 2,96	2,45/ 1,2	0,75/0,37
Ag	0,99/ 58,23	0,68/ 40,0	1,42/ 83,53	Ru	0,00001/н. д.	0,0004/н. д.	0,000001/н. д.
Sn	1,24/0,49	1,92/0,77	1,10/0,44	Rh	0,00005/н. д.	0,00003/н. д.	0,00003/н. д.
Sb	0,32/ 1,6	0,28/ 1,4	0,08/0,4	Pd	0,002/0,33	0,007/ 1,16	0,0009/0,14
Te	0,001/0,5	0,001/0,5	0,001/0,5	Ir	0,00006/н. д.	0,00026/н. д.	0,001/н. д.
Cs	8,20/ 5,8	0,58/0,4	5,57/ 3,97	Pt	0,001/0,15	0,002/0,33	0,003/0,41
Ba	691,84/ 1,72	165,44/0,41	499,29/ 1,25	Au	0,06/ 12,0	0,02/ 4,1	2,57/ 513,8

Примечание. Анализы выполнены в ЦКП ХИАНЦ ИТиГ ДВО РАН методом ИСП-МС на приборе масс-спектрометре ICP-MS Elan 9000 (Канада); аналитики: Г. Ф. Золотухина, Т. В. Лавлинская, Н. В. Кожемяко; содержания элементов в г/т. В числителе – содержание элементов, в знаменателе – их кларк концентрации (Кк); н. д. – нет данных в Требованиях [34]. Выделены элементы с Кк > 1, Кк подсчитаны для пород среднего состава в соответствии с Требованиями [34].

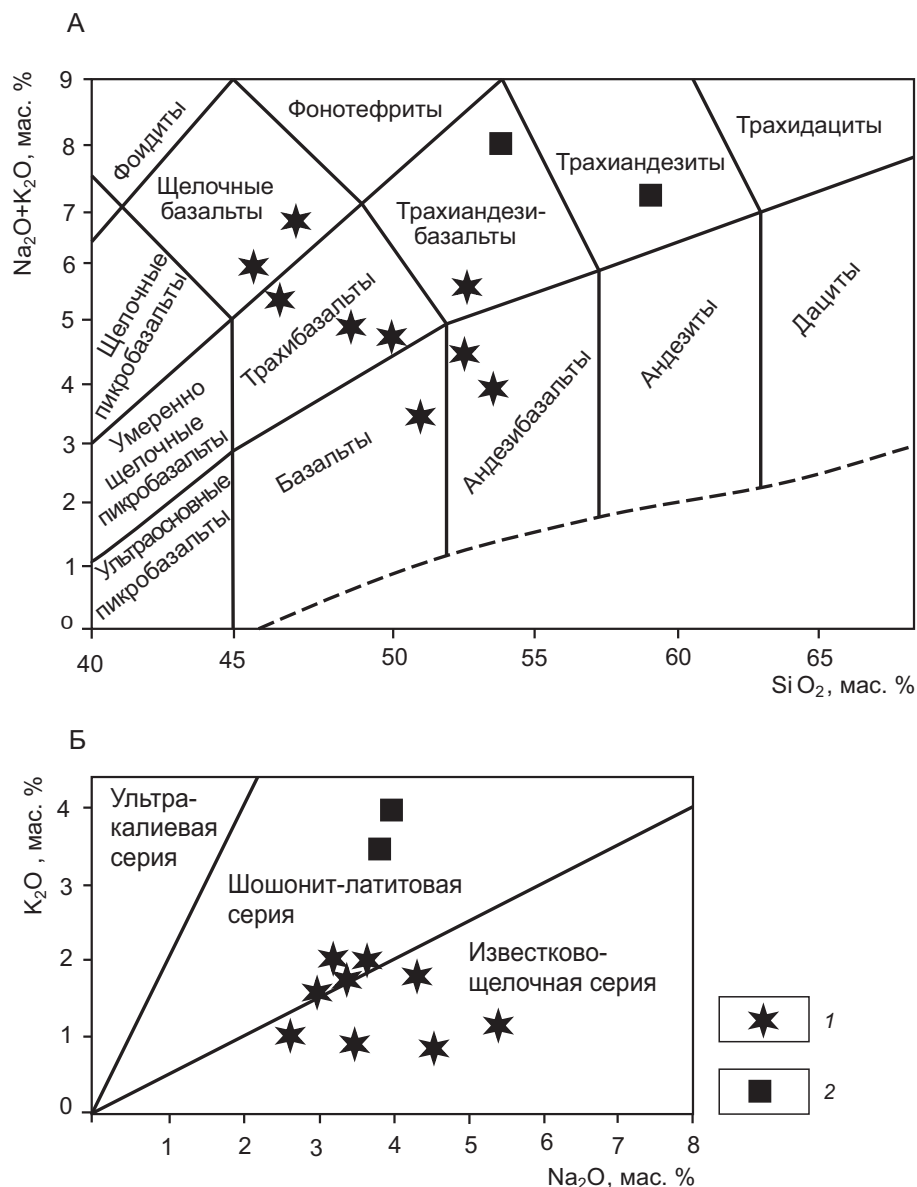


Рис. 4. Классификационные диаграммы для пород моадийской толщи и острогорского комплекса: А – TAS-диаграмма, по [23], Б – разделение пород по соотношениям оксидов калия и натрия ($\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$), границы, по [46]: 1 – острогорский комплекс; 2 – моадийская толща

латитовой серии, а фигуративные точки острогорского комплекса – преимущественно в поле пород известково-щелочной серии, лишь одна точка разместились в поле пород шошонит-латитовой серии и две – на границе между ними. Из диаграммы видно, что в моадийских вулканитах оксида калия содержится в 2–3 раза выше, чем в острогорских. Это объясняется тем, что в поро-

дах острогорского комплекса отмечается преобладание средних и основных плагиоклазов (андезина, лабрадора, битовнита) и значительная примесь оливина. Вулканиты моадийской толщи, помимо средних и основных плагиоклазов (андезина и лабрадора), содержат также калиевые полевые шпаты (ортоклаз, микроклин) и примесь кислых плагиоклазов (олигоклаза).

На рис. 5 показаны вариационные диаграммы для вулканитов моадийской толщи и острогорского комплекса. Острогорские вулканиты содержат в 2–3 раза больше оксида титана, на 2–4 % больше глинозёма, на 4–6 % больше железа и в 3 раза больше магния, чем моадийские, которые, в свою очередь, являются более высокоглинозёмистыми и значительно более высококалиевыми. Оксидов натрия, кальция и фосфора в двух группах вулканитов содержится примерно в равных количествах.

В табл. 3 представлен микроэлементный состав андезибазальтов моадийской толщи.

Наиболее высокие значения Кк, рассчитанные в соответствии с Требованиями [35], имеют серебро (40–83, содержание 0,7–1,4 г/т) и золото (4–513, содержание от 20,5 мг/т до 2,57 г/т, которое является промышленно интересным). Высокими и повышенными значениями Кк характеризуются также вольфрам (16–29, содержание 19,4–34,6 г/т) и ртуть (24–39, содержание 0,9–1,6 г/т). Эти данные обосновывают целесообразность дальнейших исследований моадийской толщи, направленных на поиски золотосеребряного оруденения.

Повышенные и относительно высокие Кк (> 2) имеют Cs, Nb, Mo, Th, U, V, относящиеся в основном к литофильным крупноионным (Cs, Th, U) и высокочargedным (Nb) элементам. Содержаниями выше кларковых, но близкими к ним ($K_k > 1$) обладают Li, P, Ti, Mn, Co, Cu, As, Rb, Sr, Sb, Eu, Zr, Hf, Ta. Это также преимущественно литофильные (Li, P, Mn, As) и некоторые крупноионные (Rb, Sr) и высокочargedные (Ti, Zr, Hf, Ta) элементы. Отношение La/Pb составляет 21:1, оно характерно для вулканитов среднего состава активных континентальных окраин [17]. Таким образом, моадийская толща обогащена многими литофильными, крупноионными и высокочargedными элементами.

По данным таблиц 2 и 3 построены спайдер-диаграммы для пород моадийской толщи (рис. 6) и острогорского комплекса (рис. 7).

Тренд распределения редкоземельных элементов (РЗЭ) по отношению к хондриту у пород моадийской толщи представляет собой слабодифференцированную наклонную кривую с плавным понижением значений от лёгких редкоземельных элементов (LREE) к тяжёлым (HREE). Отмечается (см. рис. 6, А) небольшой европиевый минимум, отсутствующий у пород острогорского комплекса (см. рис. 7, А). Для обоих вулканических комплексов характерны низкие концентрации Но,

Er, Tm, Yb, Lu – тяжёлых HREE, но острогорские вулканиты заметно более обогащены HREE, чем моадийские.

Тренд распределения редких элементов по отношению к примитивной мантии у моадийских вулканитов представляет собой более дифференцированную кривую (см. рис. 6, Б) по сравнению с вулканитами острогорского комплекса (см. рис. 7, Б). Отмечаются максимумы литофильных крупноионных элементов – Cs, Rb, Ba, Th, U, легко выплавляемых из обогащённой ими магмы верхней коры [17].

В моадийских вулканитах (см. рис. 6, Б) отмечается цезиевый (Cs) максимум, в отличие от острогорских пород, где Cs, наоборот, представлен минимумом (см. рис. 7, Б). Отмечаются ниобиевый и танталовый минимумы. В острогорских вулканитах высокочargedные Ta и Nb представлены, наоборот, максимумами. Также в обоих комплексах отмечаются неярко выраженные максимумы Ba, Th, U, и Sr и минимумы тяжёлых HREE (см. рисунки 6, Б и 7, Б).

На рис. 8 представлены две геохимические диаграммы, позволяющие интерпретировать геодинамические обстановки пород моадийской толщи и острогорского комплекса. На диаграмме $FeO^* - MgO$, границы, по [36], фигуративные точки пород острогорского комплекса разместились в поле распространения базальтов срединно-океанических хребтов (MORB), совмещённом наполовину с полем распространения базальтов океанических островов (OIB) (см. рис. 8, А). Фигуративные точки образцов моадийской толщи попали в поле вулканических дуг (IAB).

На рис. 8, Б представлена диаграмма Th/Ta–La/Yb, по [42], из которой видно, что фигуративные точки моадийских вулканитов размещаются внутри (одна точка) и вблизи поля базальтов вулканических дуг IAB, а базальтов острогорского комплекса – на границе и рядом с Гавайскими островами. При этом соотношения La/Yb примерно равны, а соотношения Th/Ta у пород моадийской толщи заметно выше, чем у базальтов острогорского комплекса (см. рис. 8, Б). Диаграммы не противоречат, а дополняют друг друга.

Таким образом, вулканиты двух сравниваемых комплексов пород различаются по щёлочности, калиевости, глинозёмистости, железистости и магнезиальности, при этом моадийская толща обогащена литофильными, крупноионными и высокочargedными элементами, а острогорские

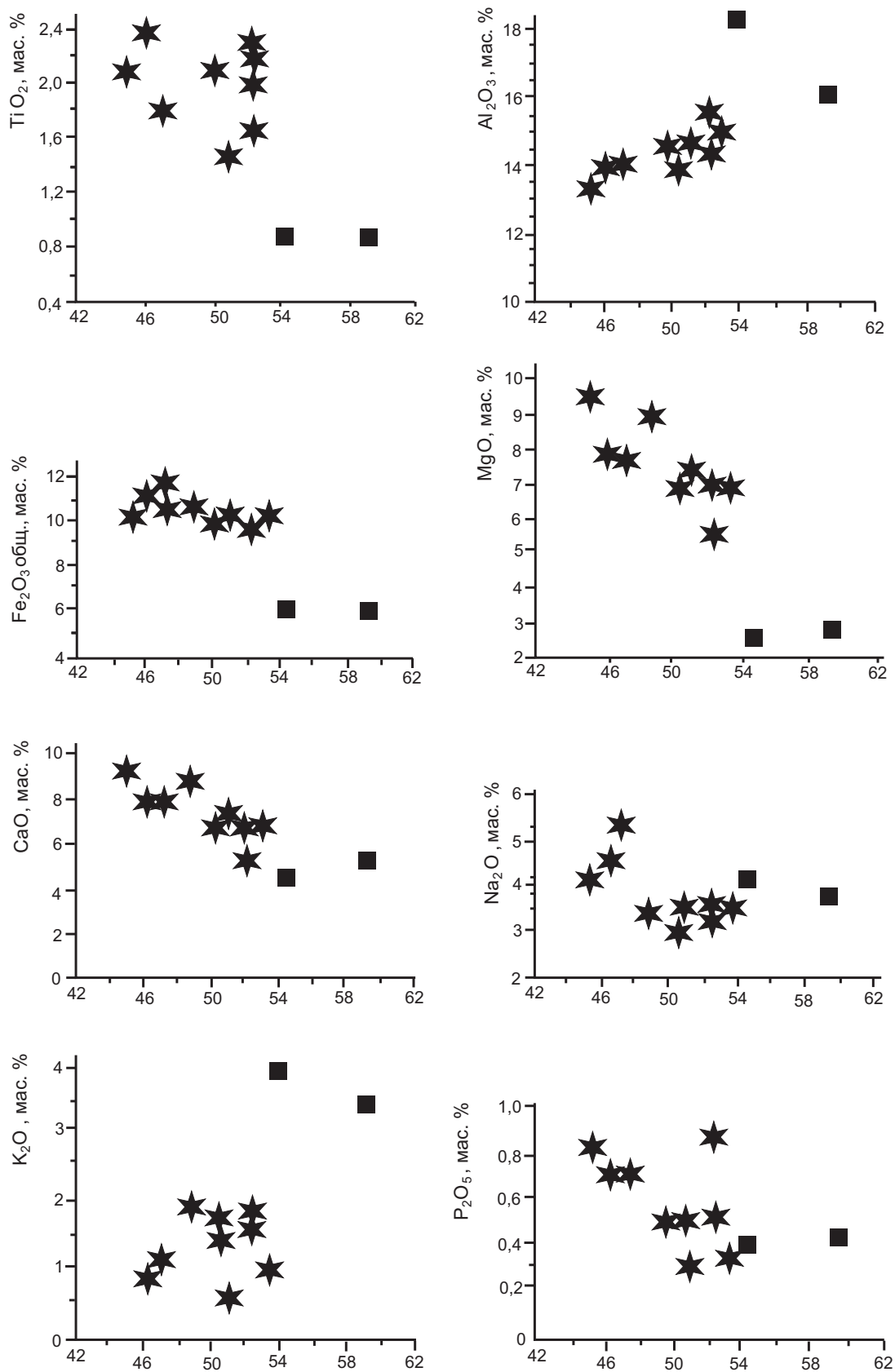


Рис. 5. Вариационные диаграммы для пород моадийской толщи и острогорского комплекса:
см. услов. обозн. к рис. 4

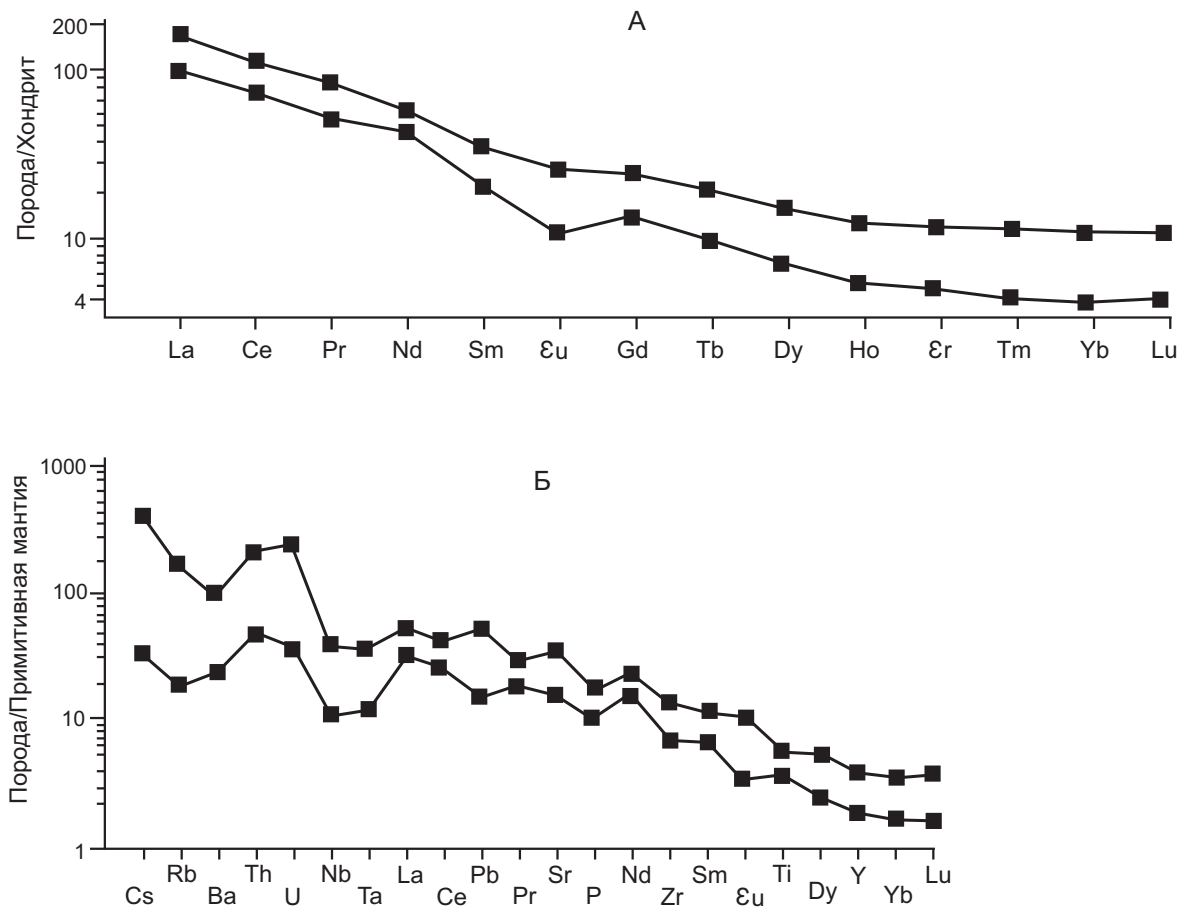


Рис. 6. Спайдер-диаграммы для пород моадийской толщи: А – Порода/Хондрит; Б – Порода/Примитивная мантия. Составы хондрита и примитивной мантии, по [45]

вулканыты более обогащены титаном, железом и магнием. Обе группы пород формировались в разных палеогеодинамических обстановках. Вулканыты моадийской толщи создавались в обстановке вулканических дуг активной континентальной окраины, что вполне допустимо для эоценовой эпохи развития Немта-Гурского золотоносного района. Вулканыты острогорского комплекса сформировались в обстановке, схожей по составу пород с обстановками срединно-океанических хребтов и даже океанических островов. В принципе, геохимическая интерпретация диаграмм вовсе не является доказательством того, что вулканыты формировались именно в таких обстановках. Однако, по нашему мнению, резкие различия в количествах железа (на 4–6 %) и в отношениях Th/Ta (в 8 раз) указывают на то, что составы сравниваемых

групп вулканических пород имеют разные источники мантийного расплава.

Заключение. Немта-Гурский эоцен-миоценовый золотоносный район как часть молодого Западно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса сформировался в основном благодаря эоценовой, миоценовой и в меньшей степени плиоцен-четвертичной эпохам магматизма. В пределах этого района образовались Моадийская, Соолийская и Пихца-Мухенская золотоносные вулканотектонические структуры, сложенные преимущественно вулканытами эоценовой моадийской толщи и миоценового острогорского комплекса. Наиболее изученная Моадийская ВТС представляет собой интрузивно-вулканическую структуру, западное обрамление которой сложено эоценовыми андезибазальтами моадийской толщи, а центральная

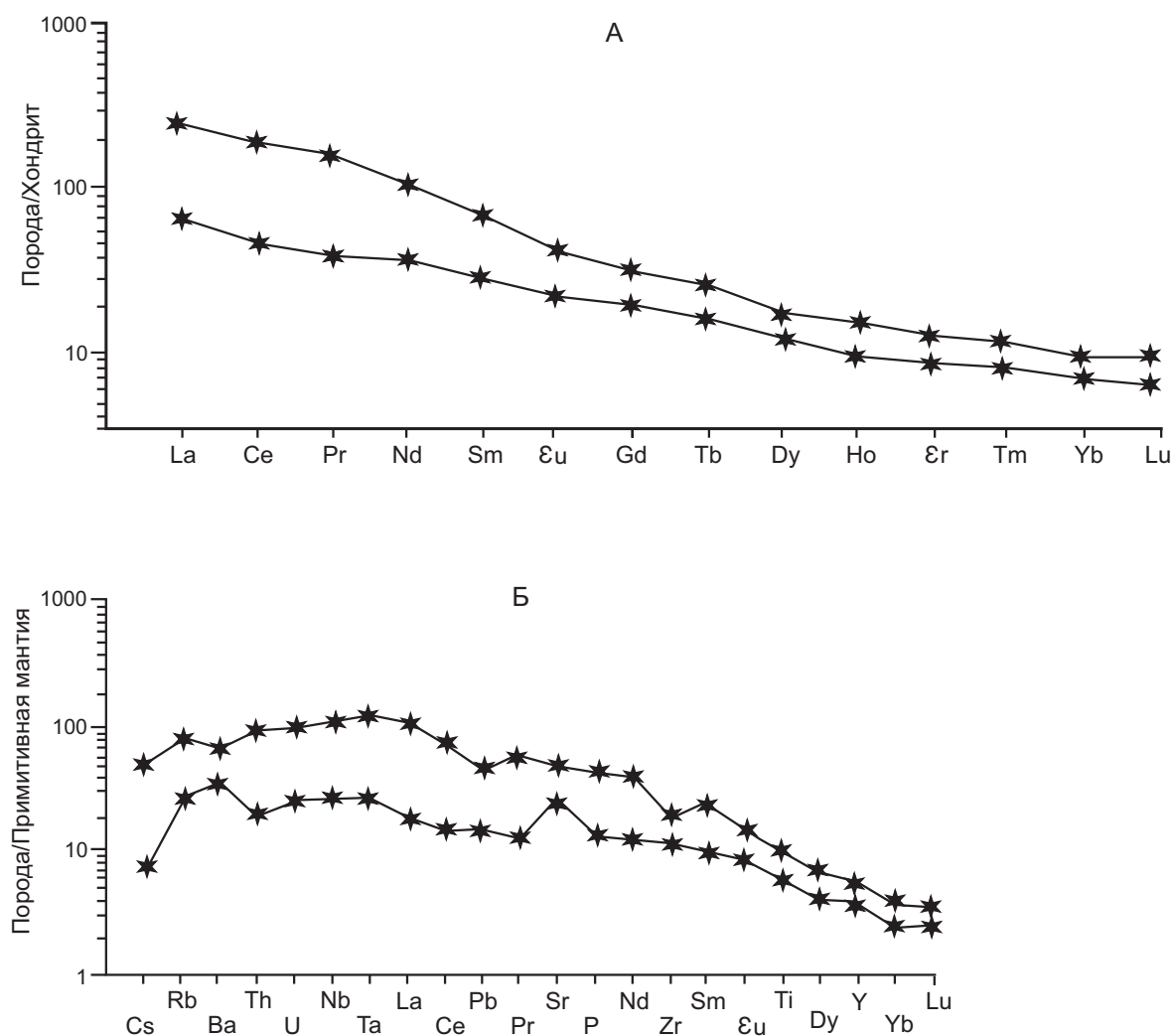


Рис. 7. Спайдер-диаграммы для пород острогорского комплекса [22]: А – Порода/Хондрит; Б – Порода/Примитивная мантия. Составы хондрита и примитивной мантии, по [45]

часть – гранодиоритовым интрузивом палеоценового аванского комплекса. Эрозионный срез Моадийской ВТС составляет, по предварительным расчётам, 0,7–1,2 км, а глубина такого среза является благоприятной для вскрытия предполагаемых зон рудной минерализации.

Казалось бы, несмотря на относительно близкий состав моадийских и острогорских вулканитов (базальтоиды и андезибазальты), слагающих верхнюю часть разреза Немта-Гурского золотоносного района, они имеют ряд значительных отличий. По химическому составу породы моадийской толщи относятся к трахиандезитам и трахиандезибазальтам высококальциевой шошо-

нит-латитовой серии, тогда как острогорские вулканиты – преимущественно к андезибазальтам и трахибазальтам. Первые характеризуются высокими показателями глинозёмистости, калиево-сти и щёлочности, обогащены литофильными, крупноионными и высокозарядными элементами, но они относительно низкотитанистые, низкомагнезиальные и менее железистые по сравнению с острогорскими вулканитами, обогащёнными железом, магнием, титаном.

Моадийская толща предположительно формировалась в палеогеодинамической обстановке вулканических дуг, что вполне допустимо для эоценовой эпохи развития Немта-Гурского района

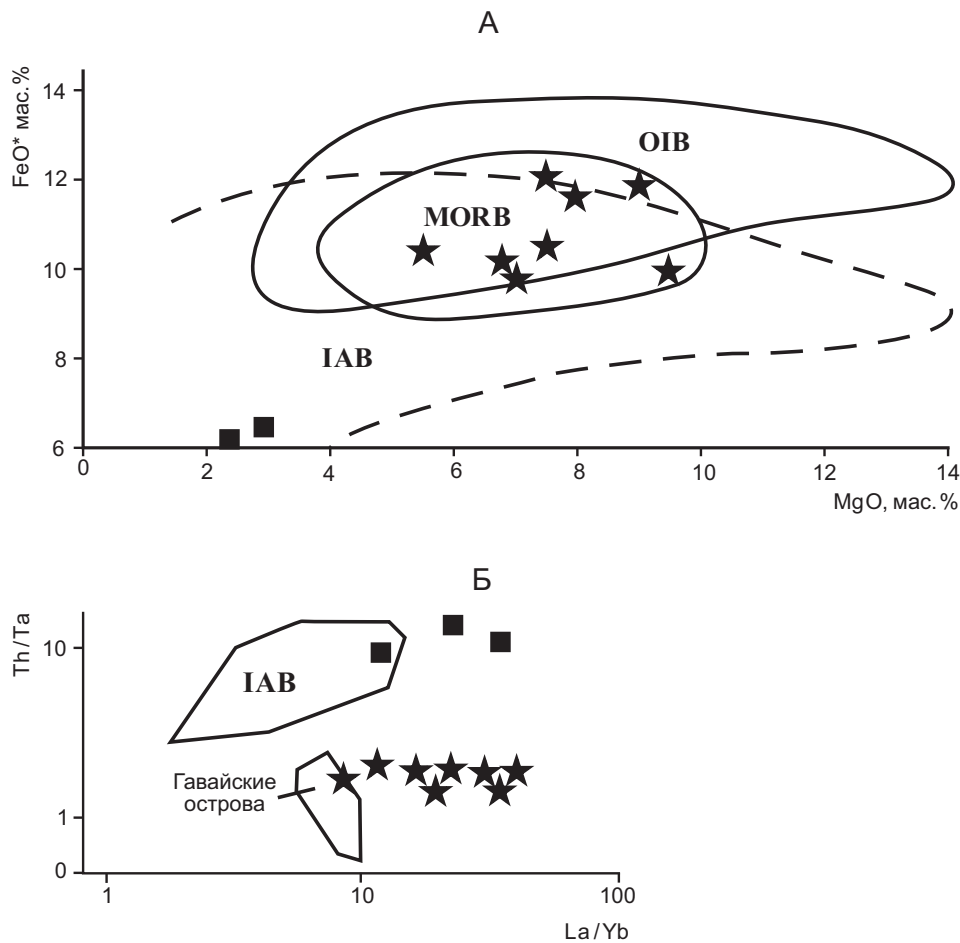


Рис. 8. Геохимические диаграммы для пород моадийской толщи и острогорского комплекса: А – FeO^* – MgO , по [36]; Б – Th/Ta – La/Yb , по [42]:

см. услов. обозн. к рис. 4

в составе молодого кайнозойского Западно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса. Вулкани-ты острогорского комплекса имеют состав, при-ближённый к составу пород срединно-океаниче-ских хребтов пород и даже океанических остро-вов, но построенные диаграммы ещё не доказы-вают, что они формировались именно в таких обстановках. Однако большие различия в коли-чествах железа (на 4–6 %) и в отношениях Th/Ta (в 8 раз) могут указывать на то, что составы срав-ниваемых вулканитов имеют разные источники мантийного расплава.

Важным результатом исследований моадий-ской толщи явились полученные положительные данные спектрального анализа проб. Во всех проанализированных пробах моадийской

толщи установлены повышенные и высокие концентрации (в г/т): серебра (до 1,4), золота (до 2,6), вольфрама (до 34,6), ртути (до 1,6) и, соответственно, их высокие кларки concentra-ций, указывающие на целесообразность более де-тального геохимического изучения моадийской толщи.

Благоприятные геологические, геохимические и палеогеодинамические факторы формирования вулканитов моадийской толщи указывают на пер-спективность изучения этой толщи в Немта-Гур-ском золотоносном районе, в первую очередь – на площади Моадийской ВТС. Особое внимание сле-дует уделить зоне контактов моадийской толщи с малыми интрузиями монцодиоритов позднеэце-нового левотормасинского комплекса.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИТиГ ДВО РАН (тема НИР № 126020 216322-5).

Автор искренне благодарит рецензента, замечания и пожелания которого способствовали значительному улучшению качества статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Архипов Г. И.* Минеральные ресурсы горнорудной промышленности Дальнего Востока. – М. : Горная книга, 2011. – 830 с.
2. *Ахметьев М. А., Ботылева М. П.* Неоген-четвертичные андезиты-базальты Восточного Сихотэ-Алиня // *Петрология неоген-четвертичных базальтоидов северо-западного сектора Тихоокеанского подвижного пояса.* – М. : Недра, 1971. – С. 13–47.
3. *Баскина В. А.* Поперечные пояса крупных месторождений в Японии и их связь с крупными трансформными разломами // *Крупные и уникальные месторождения редких и благородных металлов.* – СПб., 1998. – С. 50–55.
4. *Буряк В. А., Бакулин Ю. И.* Металлогения золота. – Владивосток : Дальнаука, 1998. – 408 с.
5. *Васькин А. Ф., Дымович В. А., Атращенко А. Ф.* [и др.] Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист М-53. Объясн. записка. – СПб. : Картфабрика ВСЕГЕИ, 2009. – 376 с.
6. *Вулканогенное оруденение на Дальнем Востоке.* – Владивосток : ДВНЦ, 1980. – 134 с.
7. *Гапеева Г. М.* Петрология неоген-четвертичных базальтоидов Северо-Западного сектора Тихоокеанского подвижного пояса // *Петрология неоген-четвертичных базальтоидов СЗ сектора Тихоокеанского подвижного пояса.* – М. : Недра, 1971. – С. 126–146.
8. *Голозубов В. В.* Тектоника юрских и нижнемеловых комплексов СЗ обрамления Тихого океана. – Владивосток : Дальнаука, 2006. – 239 с.
9. *Дымович В. А.* Государственная геологическая карта РФ масштаба 1 : 1 000 000. Серия Сихотэ-Алинская. Лист М-54. – СПб. : Картфабрика ВСЕГЕИ, 2013.
10. *Дымович В. А.* Государственная геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. Серия Сихотэ-Алинская. Лист М-53-XXX. Объясн. записка. – М. : Союзгеолфонд, 1987. – 111 с.
11. *Журнал «Добывающая промышленность»* [Электронный ресурс]. – URL: <https://dprom.online/> (дата обращения 02.06.2025).
12. *Иванов В. В.* Возраст Au-Ag месторождений Омогонского, Охотско-Чукотского, Восточно-Сихотэ-Алинского, Западно-Камчатского и Большеекурильского вулканогенных поясов Востока России: датирование ^{40}Ar - ^{39}Ar методом и этапность оруденения // *Геология, минералогия, геохимия и проблемы рудообразования Приамурья.* – Благовещенск : АмурКНИИ, АмурНЦ ДВО РАН, 1997. – С. 21–22.
13. *Иванов В. В., Замбржицкий А. И., Молчанова Г. Б.* Особенности минералогии золото-висмут-теллурического оруденения Сихотэ-Алиня // *Современные проблемы металлогении.* – Ташкент, 2002. – С. 176–179.
14. *Кизай И. Н.* Проблемы гидротермального рудообразования. – М. : Макс Пресс, 2020. – 288 с.
15. *Котляр В. Н.* Вулканогенные гидротермальные месторождения // *Генезис гидротермальных рудных месторождений.* – М. : Недра, 1968. – С. 490–543.
16. *Кузьменко С. П.* Государственная геологическая СССР масштаба 1 : 200 000. Серии Хингано-Буреинская и Сихотэ-Алинская. Листы М-53-XXII (Харпи), М-53-XXIII (Болонь) М-53-XXIV (р. Манома). Объясн. записка. – М. : Союзгеолфонд, 1989.
17. *Кузьмин М. И., Корольков А. Т., Дриль С. И., Коваленко С. И.* Историческая геология с основами тектоники плит и металлогении. – Иркутск : Изд. Иркутского ун-та, 2000. – 288 с.
18. *Лотина А. А.* Золото-висмут-теллурическая минерализация в коренных источниках и россыпях месторождения Болотистого, Хабаровский край: специальность 25.00.11 «Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения» : автореф. дис. на соискание учён. степ. канд. геол.-минерал. наук / Анна Александровна Лотина. – Владивосток : ДВГИ, 2011. – 124 с.
19. *Мартынюк М. В., Васькин А. Ф., Вольский А. С.* [и др.] Геологическая карта Хабаровского края и

- Амурской области. Масштаб 1 : 2 500 000. Объяснительная записка. – Хабаровск : Госкомитет РСФСР по геологии и использованию недр, 1991. – 51 с.
20. *Металлогения Дальнего Востока* / сост. В. И. Сухов, Ю. И. Бакулин, Н. П. Лошак [и др.]. – Хабаровск, 2000. – 217 с.
 21. *Моисеенко В. Г., Эйриш Л. В.* Золоторудные месторождения Востока России. – Владивосток : Дальнаука, 1996. – 352 с.
 22. *Нугай Е. В.* Острогорский базальтоидный комплекс: геология, геохимия, возраст, геодинамика (Западный Сихотэ-Алинь) // Отечественная геология. – 2022. – № 6. – С. 17–33.
 23. *Петрографический кодекс России.* Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. – СПб. : ВСЕГЕИ, 2009. – 200 с.
 24. *Петрология* неоген-четвертичных базальтоидов северо-западного сектора Тихоокеанского подвижного пояса / Под ред. Г. М. Гапеевой. – М. : Недра, 1971. – 148 с.
 25. *Рассказов С. В., Приходько В. С., Саранина Е. В.* Пространственно-временные вариации мантийных и коровых компонентов в позднекайнозойских вулканических породах Среднеамурской впадины // Тихоокеан. геология. – 2003. – Т. 22, № 3. – С. 3–27.
 26. *Руководство по рациональной методике поисков месторождений медных и полиметаллических руд в вулканогенно-интрузивных поясах* / Под ред. А. И. Кривцова. – М., 1984. – 167 с.
 27. *Синяков В. И.* Общие рудогенетические модели эндогенных месторождений. – Новосибирск : Наука, 1986. – 243 с.
 28. *Степаненко В. М., Замбржицкий А. И., Буряк В. А.* Новый золотоносный узел (Болотистый) в Западно-Сихотэалинском поясе – показатель развития молодого (эоценового) плутоногенного золотого оруденения россыпеобразующей формации в этом поясе // Генезис месторождений золота и методы добычи благородных металлов : Международная конфер. – Благовещенск : АмурКНИИ ДВО РАН, 2001. – С. 145–147.
 29. *Степанов Г. И.* Геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. Лист М-53-XXXV. Объясн. записка. – М. : ГНТИ, 1960. – 80 с.
 30. *Сухов В. И.* Вулканогенные формации юга Дальнего Востока. – М. : Недра, 1975. – 112 с.
 31. *Сухов В. И., Бакулин Ю. И., Лошак Н. П.* Металлогения Дальнего Востока России. – Хабаровск : ДВИМС, 2000. – 217 с.
 32. *Сушкин Л. Б.* Геология и золотоносность Болотистого рудного поля (Западный Сихотэ-Алинь // Эндогенное оруденение в подвижных поясах : Тезисы докладов. – Екатеринбург : ИГиГ УрО РАН, 2007. – С. 176–180.
 33. *Сушкин Л. Б.* Особенности минерализации Хор-Ануйского водораздела (Сихотэ-Алинь, Хабаровский край) // Тектоника, глубинное строение и минерализация Востока России: VIII Косыгинские чтения: Материалы Всероссийской конф. 17–20 сентября 2013, г. Хабаровск / Отв. ред. А. Н. Диденко, Ю. Ф. Манилов. – Владивосток : Дальнаука, 2013. – С. 331–334.
 34. *Тектоника, глубинное строение, металлогения области сочленения Центрально-Азиатского и Тихоокеанского поясов.* Объясн. записка к тектонической карте масштаба 1 : 1 500 000 / Под ред. Л. П. Карсакова. – Владивосток : ДВО РАН, 2005. – 264 с.
 35. *Требования к геохимической основе госгеолкарты РФ масштаба 1 : 1 000 000.* – М., 2001.
 36. *Туркина О. М., Ножкин А. Д.* Океанические и рифтогенные метавулканические ассоциации зеленокаменных поясов северо-западной части Шарыжалгайского выступа (Прибайкалье) // Петрология. – 2008. – Т. 16, № 5. – С. 501–526.
 37. *Фрейдин А. И., Богуславский И. С., Николаева Т. В.* Геологическая карта масштаба 1 : 200 000. Лист М-53-XVIII. Объясн. записка. – М. : Госгеолтехиздат, 1961. – 80 с.
 38. *Ханчук А. И., Иванов В. В.* Геодинамика Востока России в мезо-кайнозой и золотое оруденение // Геодинамика и металлогения. – Владивосток : Дальнаука, 1999. – С. 7–30.
 39. *Харитоновичев Г. И.* Геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. Серия Сихотэ-Алинская. Лист М-53-XXIX. Объясн. записка. – М. : Союзгеолфонд, 1970. – 58 с.
 40. *Хомич В. Г.* Металлогения вулканоплутонических поясов северного звена Азиатско-Тихоокеанской мегазоны взаимодействия. – Владивосток : Дальнаука, 1995. – 343 с.
 41. *Шаруева Л. И., Саутченкова Р. И., Макаров В. И., Роганов В. Г.* Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (3-е поколение). Серия Дальневосточная. Лист N-54 (Николаевск-на-Амуре). Объясн. Записка / Гл. ред. В. Г. Роганов; отв. ред. О. И. Супруненко. – СПб. : Картфабрика ВСЕГЕИ, 2016. – 496 с.
 42. *Condie K. C.* Sources of Proterozoic mafic dyce swarms: constraints from Th/Ta and La/Yb ratios // Precamb. Res. – 1997. – V. 81. – P. 3–14.
 43. *Ishihara S.* Metallogenesis in the Japanese island arc system // Geol. Soc. London. – 1978. – 135. – P. 389–406.
 44. *Ishihara S., Shibata K., Uchiumi S.* K-Ar ages of ore deposits related to Cretaceous-Paleocene granitoids // Bull. Geol. Surv. Japan. – 1988. – 39. – P. 81–94.
 45. *MacDonough, Sun S. S.* The composition of the Earth // Chem. Geol. – 1995. – V. 120, Is. 3–4. – P. 223–253.
 46. *Turner S., Arnaud N., Liu J., Rogers N., Hawkesworth C., Harris N., Kelley S., Van Calsteren P.,*

Deng W. Post-collision, shoshonitic volcanism on the Tibetan Plateau: Implications for convective thinning of

the lithosphere and the source of ocean island basalts // J. Petrol. – 1996. – V. 37. – P. 45–71.

REFERENCES

1. Arkhipov G. I. Mineral'nyye resursy gornorudnoy promyshlennosti Dal'nego Vostoka [Mineral resources of the mining industry of the Far East], Moscow, Gornaya kniga publ., 2011, 830 p. (In Russ.)
2. Akhmet'yev M. A., Botyleva M. P. Neogen-chetvertichnyye andezito-bazal'ty Vostochnogo Sikhote-Alinya [Neogene-Quaternary andesite-basalts of the Eastern Sikhote-Alin], Petrologiya neogen-chevertichnykh bazal'toidov severo-zapadnogo sektora Tikhookeanskogo podvizhnogo poyasa, Moscow, Nedra publ., 1971, pp. 13–47. (In Russ.)
3. Baskina V. A. Poperechnyye poyasa krupnykh mestorozhdeniy v Yaponii i ikh svyaz' s krupnymi transformnymi razlomami [Transverse belts of large deposits in Japan and their connection with large transform faults], Krupnyye i unikal'nyye mestorozhdeniya redkikh i blagorodnykh metallov, St. Petersburg, 1998, pp. 50–55. (In Russ.)
4. Buryak V. A., Bakulin Yu. I. Metallogeniya zolota [Metallogeny of gold], Vladivostok, Dal'nauka publ., 1998, 408 p. (In Russ.)
5. Vas'kin A. F., Dymovich V. A., Atrashenko A. F. [et al.] Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1 : 1 000 000 (tret'ye pokoleniye). Seriya Dal'nevostochnaya. List M-53. Ob'yasn. Zapiska [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000 (third generation). Far Eastern Series. Sheet M-53. Explanatory note], St. Petersburg, Kartfabrika VSEGEI publ., 2009, 376 p. (In Russ.)
6. Vulkanogennoye orudneniye na Dal'nem Vostoke [Volcanogenic mineralization in the Far East], Vladivostok, DVNTS publ., 1980, 134 p. (In Russ.)
7. Gapeyeva G. M. Petrologiya neogen-chetvertichnykh bazal'toidov Severo-Zapadnogo sektora Tikhookeanskogo podvizhnogo poyasa [Petrology of Neogene-Quaternary basaltoids of the Northwestern sector of the Pacific mobile belt], Petrologiya neogen-chevertichnykh bazal'toidov SZ sektora Tikhookeanskogo podvizhnogo poyasa, Moscow, Nedra publ., 1971, pp. 126–146. (In Russ.)
8. Golozubov V. V. Tektonika yurskikh i nizhnemelovykh kompleksov SZ obramleniya Tikhogo okeana [Tectonics of the Jurassic and Lower Cretaceous complexes of the northwest Pacific Ocean], Vladivostok, Dal'nauka publ., 2006, 239 p. (In Russ.)
9. Dymovich V. A. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta RF masshtaba 1 : 1 000 000. Seriya Sikhote-Alinskaya. List M-54 [State Geological Map of the Russian Federation, scale 1:1,000,000. Sikhote-Alin Series. Sheet M-54], St. Petersburg, Kartfabrika VSEGEI publ., 2013. (In Russ.)
10. Dymovich V. A. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1 : 200 000. Seriya Sikhote-Alinskaya. List M-53-XXX. Ob'yasn. Zapiska [State Geological Map of the USSR, scale 1:200,000. Sikhote-Alin Series. Sheet M-53-XXX. Explanatory note], Moscow, Soyuzgeolfond publ., 1987, 111 p. (In Russ.)
11. Zhurnal "Dobyvayushchaya promyshlennost" [Mining Industry Magazine], URL: <https://dprom.online/>
12. Ivanov V. V. Vozrast Au-Ag mestorozhdeniy Omolonskogo, Okhotsko-Chukotskogo, Vostochno-Sikhote-Alinskogo, Zapadno-Kamchatskogo i Bol'shekuril'skogo vulkanogennykh poyasov Vostoka Rossii: datirovaniye ^{40}Ar - ^{39}Ar metodom i etapnost' orudneniya [Age of Au-Ag deposits of the Omolon, Okhotsk-Chukotka, East Sikhote-Alin, West Kamchatka and Bolshekuril volcanogenic belts of Eastern Russia: dating by the ^{40}Ar - ^{39}Ar method and stages of mineralization], Geologiya, mineralogiya, geokhimiya i problemy rudoobrazovaniya Priamur'ya, Blagoveshchensk, AmurKNII, AmurNTS DVO RAN publ., 1997, pp. 21–22. (In Russ.)
13. Ivanov V. V., Zambrzhitskiy A. I., Molchanova G. B. Osobennosti mineralogii zoloto-vismut-tellurovogo orudneniya Sikhote-Alinya [Features of the mineralogy of gold-bismuth-tellurium mineralization of Sikhote-Alin], Sovremennyye problemy metallogenii, Tashkent, 2002, pp. 176–179. (In Russ.)
14. Kigay I. N. Problemy gidrotermal'nogo rudoobrazovaniya [Problems of hydrothermal ore formation], Moscow, Maks Press publ., 2020, 288 p. (In Russ.)
15. Kotlyar V. N. Vulkanogennyye gidrotermal'nyye mestorozhdeniya [Volcanogenic hydrothermal deposits], Genezis gidrotermal'nykh rudnykh mestorozhdeniy, Moscow, Nedra publ., 1968, pp. 490–543. (In Russ.)
16. Kuz'menko S. P. Gosudarstvennaya geologicheskaya SSSR masshtaba 1 : 200 000. Serii Khingano-Bureinskaya i Sikhote-Alinskaya. Listy M-53-XXII (Kharpi), M-53-XXIII (Bolon') M-53-XXIV (r. Manoma). Ob'yasn. Zapiska [State Geological Survey of the USSR, scale 1:200,000. Khingan-Bureya and Sikhote-

- te-Alin Series. Sheets M-53-XXII (Kharpi), M-53-XXIII (Bologna), M-53-XXIV (Manoma River). Explanatory note], Moscow, Soyuzgeolfond publ., 1989. (In Russ.)
17. *Kuz'min M. I., Korol'kov A. T., Dril' S. I., Kovalenko S. I.* Istoricheskaya geologiya s osnovami tektoniki plit i metallogenii [Historical geology with the basics of plate tectonics and metallogeny], Irkutsk, Irkut. un-t. publ., 2000, 288 p. (In Russ.)
 18. *Lotina A. A.* Zoloto-vismut-tellurovaya mineralizatsiya v korennykh istochnikakh i rossypyakh mestorozhdeniya Bolotistogo, Khabarovskiy kray [Gold-bismuth-tellurium mineralization in primary sources and placers of the Bolotistoye deposit, Khabarovsk Krai], Vladivostok, DVGI publ., 2011. 124 p. (In Russ.)
 19. *Martynyuk M. V., Vas'kin A. F., Vol'skiy A. S.* [et al.] Geologicheskaya karta Khabarovskogo kraia i Amurskoy oblasti. Masshtab 1 : 2 500 000. Ob'yasnitel'naya zapiska [Geological map of Khabarovsk Krai and Amur Oblast. Scale 1:2,500,000. Explanatory note], Khabarovsk, Goskomitet RSFSR po geologii i ispol'zovaniyu neдр, 1991, 51 p. (In Russ.)
 20. *Metallogeniya Dal'nego Vostoka* [Metallogeny of the Far East], V. I. Sukhov, Yu. I. Bakulin, N. P. Loshak [et al.], Khabarovsk, 2000, 217 p. (In Russ.)
 21. *Moiseyenko V. G., Eyrish L. V.* Zolotorudnyye mestorozhdeniya Vostoka Rossii [Gold ore deposits of the East of Russia], Vladivostok, Dal'nauka publ., 1996, 352 p. (In Russ.)
 22. *Nigay Ye. V.* Ostrogorskiy bazal'toidnyy kompleks: geologiya, geokhimiya, vozrast, geodinamika (Zapadnyy Sikhote-Alin') [Ostrogorsk basaltoid complex: geology, geochemistry, age, geodynamics (Western Sikhote-Alin)], Otechestvennaya geologiya, 2022, No. 6, pp. 17–33. (In Russ.)
 23. *Petrograficheskiy kodeks Rossii.* Magmaticheskiye, metamorficheskiye, metasomaticheskiye, impaktnyye obrazovaniya [Petrographic Code of Russia. Igneous, metamorphic, metasomatic, and impact formations], St. Petersburg, VSEGEI publ., 2009, 200 p. (In Russ.)
 24. *Petrologiya neogen-chevertichnykh bazal'toidov severo-zapadnogo sektora Tikhookeanskogo podvizhnogo poyasa* [Petrology of Neogene-Quaternary basaltoids of the northwestern sector of the Pacific mobile belt], G. M. Gapeyeva, Moscow, Nedra publ., 1971, 148 p. (In Russ.)
 25. *Rasskazov S. V., Prihod'ko V. S., Saranina Ye. V.* Prostranstvenno-vremennyye variatsii mantiynykh i korovykh komponentov v pozdnekaynozoysskikh vulkanicheskikh porodakh Sredneamurskoy vpadiny [Spatio-temporal variations of mantle and crustal components in late Cenozoic volcanic rocks of the Middle Amur Basin], Tikhookean. geologiya, 2003, V. 22, No. 3, pp. 3–27. (In Russ.)
 26. *Rukovodstvo po ratsional'noy metodike poiskov mestorozhdeniy mednykh i polimetallicheskikh rud v vulkanogenno-intruzivnykh poyasakh* [Guide to a rational methodology for prospecting for copper and polymetallic ore deposits in volcanogenic-intrusive belts], A. I. Krivtsov, Moscow, 1984, 167 p. (In Russ.)
 27. *Sinyakov V. I.* Obshchiye rudogeneticheskiye modeli endogennykh mestorozhdeniy [General ore genetic models of endogenous deposits], Novosibirsk, Nauka publ., 1986, 243 p. (In Russ.)
 28. *Stepanenko V. M., Zambrzhitskiy A. I., Buryak V. A.* Novyy zolotonosnyy uzel (Bolotistyy) v Zapadno-Sikhotealinskom poyase – pokazatel' razvitiya molodogo (eotsenovogo) plutonennogo zolotogo orudneniya rossypeobrazuyushchey formatsii v etom poyase [New gold-bearing cluster (Bolotisty) in the West Sikhote-Alin belt – an indicator of the development of young (Eocene) plutogenic gold mineralization of the placer-forming formation in this belt], Blagoveshchensk, AmurKNII DVO RAN publ., 2001, pp. 145–147. (In Russ.)
 29. *Stepanov G. I.* Geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1 : 200 000. List M-53-XXXV. Ob'yasn. Zapiska [Geological map of the USSR, scale 1:200,000. Sheet M-53-XXXV. Explanatory note], Moscow, GNTI publ., 1960, 80 p. (In Russ.)
 30. *Sukhov V. I.* Vulkanogennyye formatsii yuga Dal'nego Vostoka [Volcanogenic formations of the southern Far East], Moscow, Nedra publ., 1975, 112 p. (In Russ.)
 31. *Sukhov V. I., Bakulin Yu. I., Loshak N. P.* Metallogeniya Dal'nego Vostoka Rossii [Metallogeny of the Russian Far East], Khabarovsk, DVIMS publ., 2000, 217 p. (In Russ.)
 32. *Sushkin L. B.* Geologiya i zolotonosnost' Bolotistogo rudnogo polya (Zapadnyy Sikhote-Alin') [Geology and gold-bearing capacity of the Bolotisty ore field (Western Sikhote-Alin)], Endogennoye orudneniye v podvizhnykh poyasakh, Tezisy dokladov, Yekaterinburg, IGIG UrO RAN publ., 2007, pp. 176–180. (In Russ.)
 33. *Sushkin L. B.* Osobennosti mineragenii Khor-Anyuyskogo vodorazdela (Sikhote-Alin', Khabarovskiy kray) [Minerageny of the Khor-Anyui Watershed (Sikhote-Alin, Khabarovsk Krai)], Vladivostok, Dal'nauka publ., 2013, pp. 331–334. (In Russ.)
 34. *Tektonika, glubinnoye stroyeniye, metallogeniya oblasti sochleneniya Tsentral'no-Aziatskogo i Tikhookeanskogo poyasov.* Ob'yasn. zapiska k tektonicheskoy karte masshtaba 1 : 1 500 000 [Tectonics, deep structure, and metallogeny of the junction region of the Central Asian and Pacific belts. Explanatory note to the tectonic map at a scale of 1:1,500,000], L. P. Karsakov, Vladivostok, DVO RAN publ., 2005, 264 p. (In Russ.)
 35. *Trebovaniya k geokhimicheskoy osnove gosgeolkarty RF masshtaba 1 : 1 000 000* [Requirements for the geochemical basis of the state geological map of the Russian Federation at a scale of 1:1,000,000], Moscow, 2001. (In Russ.)

36. *Turkina O. M., Nozhkin A. D.* Okeanicheskiye i riftogennyye metavulkanicheskiye assotsiatsii zeleno-kamennykh poyasov severo-zapadnoy chasti Sharyzhalgayskogo vystupa (Pribaykal'ye) [Oceanic and riftogenic metavolcanic associations of greenstone belts of the northwestern part of the Sharyzhalgai ledge (Baikal region)], *Petrologiya*, 2008, V. 16, No. 5, pp. 501–526. (In Russ.)
37. *Freydin A. I., Boguslavskiy I. S., Nikolayeva T. V.* Geologicheskaya karta masshtaba 1 : 200 000. List M-53-XVIII. Ob'yasn. Zapiska [Geological map at a scale of 1:200,000. Sheet M-53-XVIII. Explanatory note], Moscow, Gosgeoltekhizdat publ., 1961, 80 p. (In Russ.)
38. *Khanchuk A. I., Ivanov V. V.* Geodinamika Vostoka Rossii v mezo-kaynozoye i zolotoye orudneniye [Geodynamics of the East of Russia in the Mesozoic-Cenozoic and gold mineralization], *Geodinamika i metallogeniya*, Vladivostok, Dal'nauka publ., 1999, pp. 7–30. (In Russ.)
39. *Kharitonychev G. I.* Geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1 : 200 000. Seriya Sikhote-Alinskaya. List M-53-XXIX. Ob'yasn. Zapiska [Geological map of the USSR, scale 1:200,000. Sikhote-Alin Series. Sheet M-53-XXIX. Explanatory note], Moscow, Soyuzgeol-fond publ., 1970, 58 p. (In Russ.)
40. *Khomich V. G.* Metallogeniya vulkanoplutonicheskikh poyasov severnogo zvena Aziatsko-Tikhookeanskoy megazonoy vzaimodeystviya [Metallogeny of volcano-plutonic belts of the northern link of the Asian-Pacific interaction megazone], Vladivostok, Dal'nauka publ., 1995, 343 p. (In Russ.)
41. *Sharuyeva L. I., Sautchenkova R. I., Makar V. I., Roganov V. G.* Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1 : 1 000 000 (3-ye pokoleniye). Seriya Dal'nevostochnaya. List N-54 (Nikolayevsk-na-Amure). Ob'yasn. Zapiska [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000 (3rd generation). Far Eastern Series. Sheet N-54 (Nikolaevsk-on-Amur). Explanatory Note], St. Petersburg, Kartfabrika VSEGEI publ., 2016, 496 p.
42. *Condie K. C.* Sources of Proterozoic mafic dyce swarms: constraints from Th/Ta and La/Yb ratios, *Precamb. Res.*, 1997, V. 81, pp. 3–14.
43. *Ishihara S.* Metallogenesis in the Japanese island arc system, *Geol. Soc. London*, 1978, 135, pp. 389–406.
44. *Ishihara S., Shibata K., Uchiumi S.* K-Ar ages of ore deposits related to Cretaceous-Paleocene granitoids, *Bull. Geol. Surv. Japan*, 1988, 39, pp. 81–94.
45. *MacDonough, Sun S. S.* The composition of the Earth, *Chem. Geol.*, 1995, V. 120, Is. 3–4, pp. 223–253.
46. *Turner S., Arnaud N., Liu J., Rogers N., Hawkesworth C., Harris N., Kelley S., Van Calsteren P., Deng W.* Post-collision, shoshonitic volcanism on the Tibetan Plateau: Implications for convective thinning of the lithosphere and the source of ocean island basalts, *J. Petrol.*, 1996, V. 37, pp. 45–71.

Статья поступила в редакцию 02.03.26; одобрена после рецензирования 19.05.26; принята к публикации 19.05.26.
The article was submitted 02.03.26; approved after reviewing 19.05.26; accepted for publication 19.05.26.