УДК [553.493+553.492.4]:549.02(571.6)

Ю.А. СТЕПНОВА, Б.Л. ЗАЛИЩАК, В.А. ПАХОМОВА

# Редкоземельная минерализация щелочных магм Сихотэ-Алиня (на примере изучения Шибановского массива)

*В статье приведены краткий обзор геологической изученности редкоземельно-редкометалльных месторождений Сихотэ-Алиня и оригинальные материалы по изучению Шибановского гранитоидного массива, в котором авторами выявлен ареал щелочных сиенитов и метасоматитов, содержащих редкоземельные минералы, в том числе циркон, дэлиит, монацит, ксенотим, чералит, брабантит, Nb-ильменит. Полученные данные позволяют отнести Шибановский массив, который традиционно рассматривался в качестве источника олово-вольфрамового оруденения, ассоциирующего с гранитоидным магматизмом, к перспективным объектам на редкоземельное оруденение в щелочных гранитоидах. Сравнение полученных при изучении Шибановского массива данных с аналогичными для известных проявлений щелочной формации Сихотэ-Алиня (тождественность возрастных датировок, сходство геодинамического режима формирования, характера постмагматических процессов, некоторых петрохимических характеристик) вызывает необходимость пересмотра потенциальной рудоносности этих объектов на редкоземельное оруденение.*

*Ключевые слова: ниобий, цирконий, редкоземельные элементы и минералы, щелочные и нефелиновые сиениты.*

**Rare-earth mineralization of alkali magma of the Russian Far East: on the example of the Shibanovsky massif**.
Yu.A. STEPNOVA, B.L. ZALISHCHAK, V.A. PAKHOMOVA (Far East Geological Institute, FEB RAS, Vladivostok).

*The article provides brief review of exploration status of rear-earth and rear-metal deposits of Sikhote-Alin and the unique data on the Shibanovsky granitoid massif. There, the authors revealed an area of alkali syenites and metasomatites contained rare-earth minerals including zircon, dalyite, monazite, xenotime, cheralite, brabantite, and Nb-ilmenite. Obtained data admit to attribute the Shibanovsky massif which traditionally regarded as a source of tin-tungsten mineralization associating with granitoid magmatism to the perspective objects for rare-earth mineralization in alkaline granitoids. Comparison of data obtained during the study of the Shibanovsky massif with similar data of famous Sikhote-Alin complexes (the identity of the age of dating, and the similarity of the geodynamic regime formation, the nature of post-magmatic processes, some petrochemical characteristics) require revision of these objects for potential rare earth mineralization.*

*Key words: niobium, zircon, rare-earth elements and minerals, alkali and nephelinic syenites.*

Среди магматических формаций щелочные породы характеризуются исключительной продуктивностью на редкометалльную и редкоземельную минерализацию. Независимо от химического состава и происхождения, к щелочным относятся породы, содержащие разнообразные фельдшпатоиды, щелочные пироксены, амфиболы и другие редко встречающиеся минералы, которые являются концентраторами редкоземельных элементов. По мнению ведущих экспертов, редкоземельные элементы (РЗЭ) в списке критически важных для мировой экономики металлов занимают первую строку [11].

*СТЕПНОВА Юлия Андреевна – младший научный сотрудник, ЗАЛИЩАК Борис Леонидович – кандидат геолого-минералогических наук, ПАХОМОВА Вера Алексеевна – кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник (Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток). *E-mail: yshabanova@gmail.com

Промышленность XXI в. невозможно представить без редкоземельных металлов. Прекращение их экспорта на мировой рынок, в том числе и в Россию, из супергигантского месторождения редких земель Баян-Обо значительно повысило их цену. Крупнейшие в мире месторождения минералов РЗЭ расположены в Китае, США, Австралии, Индии. В России единственным источником РЗЭ после распада СССР остался лопаритовый концентрат Ловозерского месторождения (Кольский полуостров), служащий сырьем при получении ниобия и тантала. Однако мощности по переработке лопаритового концентрата могут удовлетворить потенциальные потребности России в редкоземельных элементах лишь наполовину. В то же время Россия занимает первое место в мире по распространенности щелочных пород, а именно с ними связаны месторождения редких металлов, таких как ниобий, редкие земли, тантал, радиоактивные элементы. Поэтому щелочные формации можно рассматривать как источник сырья будущего [8].

Проявления щелочного магматизма в пределах Сихотэ-Алиня (Приморский край) известны с 1950–1960-х годов [5, 6, 17]. При картировании и изучении массивов щелочных пород на ранних этапах неопределенность в оценке потенциала редкоземельного оруденения объяснялась отсутствием аналитической базы для отделения редкоземельных минералов от сопутствующих им в природных соединениях железа, алюминия, марганца и других элементов и, соответственно, данных о химическом составе, а также современных данных по геологии и геодинамике региона.

Как известно, для Приморского края профилирующими элементами металлогении являются олово и вольфрам. На ранних этапах изучения Приморья и юга Дальнего Востока существовала поисковая концепция о бесперспективности олово- и вольфрамоносных площадей в отношении редкоземельных элементов. Несостоятельность концепции в практическом отношении давно доказана, но и до сих пор многие аспекты обозначенной проблемы остаются неясными.

В последние годы достаточно много внимания уделяется генезису щелочных рудоносных магм. С течением времени появляется все больше фактического материала, свидетельствующего о насыщенности первичных мантийных магм легкими редкими землями, некогерентными элементами [8]. Новые данные о возрасте пород, полученные на основе применения прецизионных изотопных методов исследования, позволили скорректировать представления о связи щелочного магматизма с геодинамической историей дальневосточного региона. В фанерозое регион представлял собой активную континентальную окраину, развитие которой в период со средней юры до палеогена происходило в режиме чередования субдукции и скольжения литосферных плит [18, 19]. Это во многом обусловило многообразие и сложность региональной металлогении, формирование особых типов магматизма и рудообразования.

Ярким примером трансформации представлений о связи типа магматизма и металлогении с геодинамической историей региона на основании интерпретации новых данных могут служить результаты исследований, выполненных в пределах Шибановского интрузивного массива, где уже более ста лет известны два оловянно-вольфрамовых проявления касситерит-вольфрамит-кварцевого типа, приуроченные к пегматитовым и грейзеновым зонам в гранитах (редкометалльный тип), а также промышленные россыпи касситерита и вольфрамита. Щелочные сиениты и связанная с ними редкоземельная минерализация на данном объекте обнаружены и изучены нами впервые.

## Щелочные породы Шибановского массива и их редкоземельная минерализация

Шибановский гранитоидный массив расположен в Матвеевско-Нахимовском террейне Сихотэ-Алинской аккреционной системы [18], в верхнем течении руч. Шибановский,

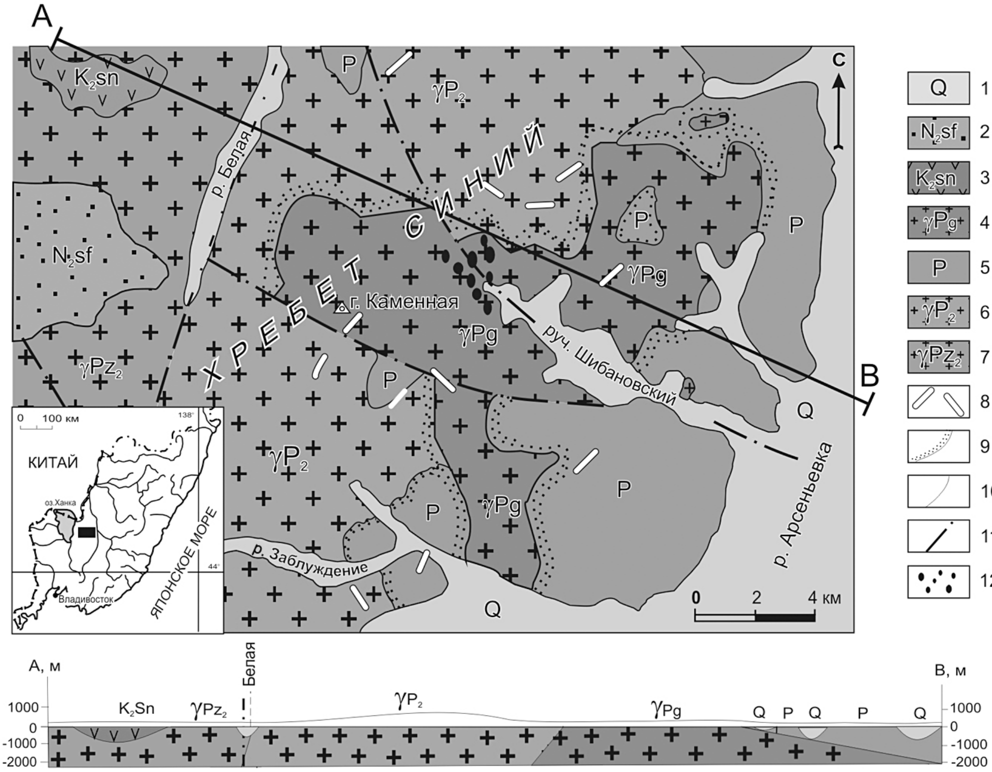


Рис. 1. Геологическая карта-схема Шибановского массива. Сост. И.К. Пущиным, 1964 г. (с дополнениями Ю.А. Степновой).

1 – четвертичные и современные аллювиальные отложения, в том числе россыпи руч. Шибановский; 2 – галечники и суглинки суйфунской свиты (плиоцен); 3 – андезитовые порфириты и дациты (сенон); 4 – гранодиориты, граниты (палеоген); 5 – пермские отложения: песчано-глинистые породы, конгломераты, известняки, кислые и основные эффузивы и их туфы (без расчленения); 6 – пермские средне- и крупнозернистые биотитовые граниты; 7 – среднепалеозойские лейкократовые граниты; 8 – жилы аплитов, пегматитов, кварца, а также дайки кислых и основных пород разного возраста; на карте показаны только крупные тела; 9 – контактовые роговики и зоны метасоматоза; 10 – геологические границы нормальных стратиграфических и интрузивных контактов; 11 – линии разломов и тектонических контактов; 12 – ареалы щелочных сиенитов (палеоген)

р. Худая и кл. Барачный. Массив имеет форму эллипса, вытянутого в северо-западном направлении, площадь выхода массива на поверхность 60 км$^2$* и 40–45 км$^2$** (рис. 1).

В 2007–2011 гг. в пределах гранитоидного Шибановского массива на площади в несколько квадратных километров авторами выявлен новый район развития щелочных сиенитов, несущих уникальную редкоземельную минерализацию. Изучение редких на площади массива естественных обнажений, анализ собранных в процессе проведения маршрутных наблюдений материалов, их интерполяция по смежным маршрутам привели авторов к убеждению, что выявленные щелочные сиениты – это ареалы развития даек молодого возраста, которые сопровождаются зонами щелочных метасоматитов.

По петрографическим характеристикам, геологическим взаимоотношениям и возрасту в пределах Шибановского массива авторами выделены две фазы: первая – биотитовые граниты, разделенные четырьмя фациальными переходами от крупно- до мелкозернистых

---

*Трусов В.Б. Отчет о результатах поисковых работ на берилл, топаз, морион в пределах Шибановского рудного поля в 1985–1987 гг. ТФ «Приморгеология», 1987 г.

**Леликов Е.П. и др. Геологическое строение и полезные ископаемые бассейнов рек Белой и Заблуждения: Отчет Бельцовской партии о работах, проведенных в пределах трапеций L–53–111–Б и Г в 1965–1968 гг. ТФ «Приморгеология», 1968 г.

Таблица 1

**Результаты определения изотопного (K–Ar) возраста сиенитов и гранитов Шибановского массива**

| Порода | (K ± σ), % | ($^{40}Ar_{рад}$ ± σ), нг/г | Возраст, млн лет ± σ |
|---|---|---|---|
| Гастингситовый кварцевый сиенит | 5,70 ± 0,01 | 20,06 ± 0,30 | 50 ± 1 |
| Эгириновый щелочной кварцевый сиенит | 6,10 ± 0,01 | 21,60 ± 0,97 | 50 ± 1 |
| Гранит | 4,40 ± 0,01 | 19,70 ± 0,31 | 63 ± 1 |

Примечание. Анализы выполнены в СВКНИИ ДВО РАН, аналитики Н.М. Александрова, А.Д. Люскин, К.К. Новик.

разновидностей, с которыми связаны пегматиты, грейзены, рудные кварцевые жилы, и вторая – щелочные сиениты с сопутствующей редкоземельной минерализацией.

По результатам датировки калий-аргоновым методом, возраст сиенитов составляет 50 ± 1 млн лет, гранитов – 63 ± 1 млн лет (табл. 1), что соответствует палеогеновому этапу эволюции магматизма в регионе [16].

Граниты Шибановского массива (I фаза) включают четыре фации.

Первая представлена гранитами крупно- и среднезернистых, роговообманково-биотитовых и биотитовых разностей, иногда порфировидной структуры, массивной текстуры. Они образуют обособленное тело, вытянутое вдоль южного контакта в субширотном направлении. Акцессорные минералы – магнетит, апатит, сфен, циркон, реже присутствуют ортит, рутил.

Вторая и третья фации – породы светло-серого цвета, гипидиоморфнозернистой структуры. Граниты второй фации отличаются от гранитов третьей крупностью зерен. Эти фации наиболее широко распространены, занимают центральную и северо-восточную части массива. Акцессорные минералы представлены апатитом, цирконом, магнетитом, сфеном, ксенотимом. С породами этих фаций связаны пегматитовые и грейзеновые олово-вольфрамовые рудные тела.

Четвертая фация – светло-серые порфировидные породы. Порфировидные выделения образуют кварц, полевые шпаты, биотит. Среди акцессорных минералов присутствуют апатит, сфен, магнетит, циркон, редко – ортит.

Щелочные сиениты (II фаза) представлены глыбовым элювием и коренными обнажениями. Судя по размерам и площади распространения, тела щелочных сиенитов могут иметь размеры до первых десятков метров. Среди щелочных кварцевых сиенитов Шибановского массива выделяются две разности: пироксеновые (эгириновые) и амфиболовые (гастингситовые). Они сложены альбитом, ортоклаз-пертитом,

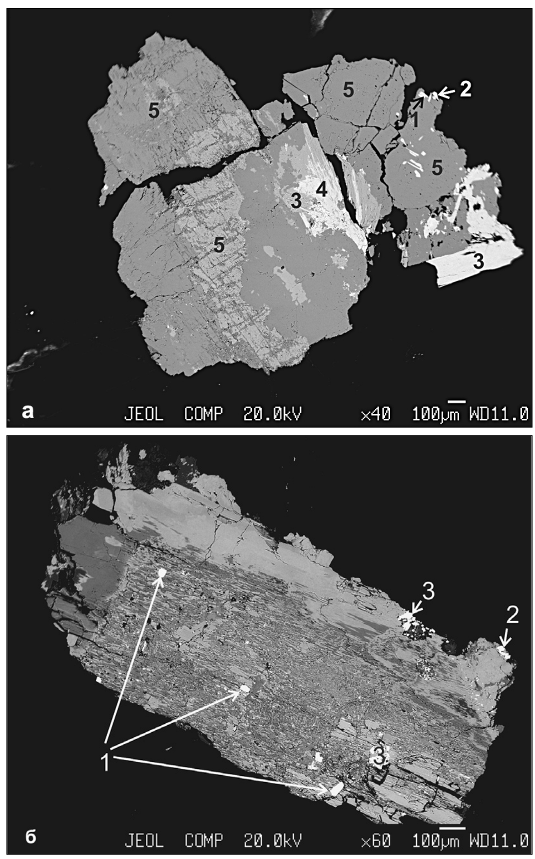


Рис. 2. Минеральные включения в сиените. а – в полевом шпате: 1 – ксенотим, 2 – дэлиит, 3 – эгирин, 4 – рутил, 5 – калинатровый полевой шпат; б – в эгирине: 1 – циркон, 2 – монацит, 3 – ильменит. Анализы выполнены на четырехканальном микроанализаторе JXA-8100, ДВГИ ДВО РАН, аналитик Н.И. Екимова

Таблица 2

**Химический состав редкоземельных минералов щелочных сиенитов Шибановского массива, масс. %**

| Оксид | Эгирин | Экерманит | Циркон | Дэлиит | Ксенотим | Монацит | Чералит (1) | Чералит (2) | Брабантит |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 53,45 | 56,78 | 31,53 | 66,14 | 2,45 | 1,02 | 11,43 | 3,41 | 1,74 |
| $TiO_2$ | 3,15 | 0,34 | – | 0,63 | – | – | – | – | – |
| $Al_2O_3$ | 0,45 | – | – | – | – | – | 0,86 | – | – |
| $Fe_2O_3$ tot | 24,9 | 11,02 | 0,7 | – | – | – | 4,44 | 2,42 | 1,47 |
| MgO | 2,02 | 14,75 | – | – | – | – | 1,23 | – | – |
| CaO | 1,06 | 0,35 | – | – | – | – | 5,28 | 6,53 | 6,36 |
| $Na_2O$ | 13,02 | 9,5 | – | – | – | – | 1,28 | – | – |
| $K_2O$ | – | 1,93 | – | 4,64 | – | – | 1,42 | – | – |
| $P_2O_5$ | – | – | – | – | 32,85 | 27,85 | 19,86 | 22,81 | 26,5 |
| $Y_2O_3$ | – | – | – | – | 41,52 | – | – | 3,28 | 10,21 |
| $ZrO_2$ | – | – | 65,54 | 19,1 | – | – | – | – | – |
| $ThO_2$ | – | – | – | – | – | – | 26,84 | 38,69 | 17,04 |
| $La_2O_3$ | – | – | – | – | – | 10,91 | 2,2 | 3,63 | 3,84 |
| $Ce_2O_3$ | – | – | 1,02 | – | – | 30,52 | – | 1,42 | 2,11 |
| $Nd_2O_3$ | – | – | – | – | – | 15,74 | 3,1 | 2,97 | – |
| $Sm_2O_3$ | – | – | – | – | 0,75 | 1,93 | – | – | 1,31 |
| $\sum$ | 98,05 | 94,67 | 99,79 | 90,51 | 77,57 | 87,97 | 77,94 | 85,16 | 75,48 |

Примечание. Установлены также содержания следующих оксидов (масс. %): в цирконе – $HfO_2$ 1,09, в монаците – $Pr_2O_3$ 2,41, в ксенотиме – $Gd_2O_3$ 2,98, $Dy_2O_3$ 6,69, $Ho_2O_3$ 1,1, $Yb_2O_3$ 1,95, в брабантите – $Gd_2O_3$ 1,42.
Прочерк – не обнаружено.
Анализ проводился на четырехканальном микроанализаторе JXA 8100 Jeol, ДВГИ ДВО РАН, аналитик Н.И. Екимова.

эгирином, щелочными амфиболами ряда арфведсонит–экерманит, гастингситом. Акцессорные минералы – апатит, циркон, монацит, ксенотим, дэлиит, чералит, брабантит, Nb-ильменит (рис. 2, табл. 2) [16, 20, 21].

Анализ полученных данных позволяет утверждать, что формирование сложного по составу комплексного (оловянно-вольфрамового, связанного с гранитами, и редкоземельного – со щелочными сиенитами) оруденения в пределах одного Шибановского интрузивного массива и его околоинтрузивной зоны обусловлено длительной эволюцией рудно-магматической системы в условиях тектонической активизации, сопровождающейся привносом рудного вещества. Источники рудного вещества, скорее всего, имеют коровую природу для вольфрам-оловянного (редкометалльный тип) и корово-мантийную – для редкоземельного, которое может быть отнесено к типу редкоземельных в гранитоидах щелочного ряда. Масштабы проявления редкоземельной минерализации еще предстоит оценить.

## Редкометалльно-редкоземельные щелочные комплексы Сихотэ-Алиня

В связи с открытием в пределах Шибановского массива неизвестных ранее щелочных сиенитов и связанной с ними редкоземельной минерализации представляется уместным привести обзор разновозрастных щелочных комплексов Сихотэ-Алинской складчатой области (Приморский край), с которыми связана редкометалльно-редкоземельная минерализация. Следует отметить, что все рассматриваемые ниже объекты, в соответствии с существующими на момент их открытия классификациями, были отнесены к ниобий-танталовым, ниобий-циркониевым месторождениям.

Месторождение Шумное (Погское) расположено в позднеюрской–раннемеловой олистостроме, представленной алевролитами и алевропесчаниками с прослоями песчаников. Рудоносность обусловлена присутствием лопарита, пирохлора, циркона, сфена и апатита. Основной полезный компонент – ниобий, содержание $Nb_2O_5$ колеблется от 0,1 до 0,85%, среднее по месторождению – 0,12%. Содержание пятиокиси тантала незначительно – от 0,002 до 0,025%, среднее – 0,007%. Редкие земли (до 40% от общего количества) содержатся в лопарите, а часть в апатите [7].

Месторождение Поперечное представлено тантал-ниобиевой минерализацией, локализованной в щелочных полевошпатовых метасоматитах, развивающихся по кулисно расположенным дайкообразным телам, сложенным своеобразными сиенитоподобными породами – лейкократовыми разновидностями трахириолитов преимущественно полевошпатового состава (микроклинового и микроклин-альбитового) с незначительным количеством эгирина и арфведсонита. Содержание полезных компонентов: $Nb_2O_5$ – от сотых долей до 1–3%, среднее содержание $Ta_2O_5$ – 0,018%. Помимо ниобия как основного компонента в весьма повышенных количествах присутствуют цирконий и редкие земли. Основные минералы – концентраторы редкометалльной минерализации: ниобия и тантала – колумбит, пандаит и баотит, при очень низком содержании в них Ta и высоком Nb, циркония – циркон и циртолит. Кроме собственных минералов ниобий содержится в ильмените, бруките и рутиле. Редкие земли концентрируются в монаците, ортите и апатите [7, 17].

Месторождение Соболиха (Иденгу) представлено рудной зоной в сиенитах и метасоматитах с ниобиевой минерализацией, которая в свою очередь связана с ильменорутилом, образующим очень тонкую (0,01–0,03 мм) вкрапленность. Содержание $Nb_2O_5$ в ильменорутиле – 16,8%. Сопутствующие элементы – редкие земли иттриевой и цериевой групп в монаците, ксенотиме, апатите и др. Среднее содержание элементов в рудных зонах: $Nb_2O_5$ – 0,13% (колебания 0,05–0,9%), Y – 0,03% (0,02–0,27%), $Ce_2O_3$ – 0,13% (0,07–0,64%), La – 0,07%, $\sum$ TR – 0,3% (до 1,77%) [7].

Редкоземельная минерализация широко проявлена в связи с базитами и сиенитами Кокшаровского комплекса (юрского возраста). Район массива известен как месторождение вермикулита. Ультраосновные породы занимают центральную часть массива (около 90% его объема). Породы в основном представлены измененными биотитизированными и керсутитизированными крупнозернистыми и пегматоидными перовскитовыми пироксенитами, редко якупирангитами. Содержание редких и редкоземельных элементов в пироксенитах массива и вермикулитовых рудах составляет (г/т): $Nb_2O_5$ – 12–17, $ZrO_2$ – 78–95, Y – 17–15. Суммарное содержание редкоземельных элементов (только тяжелые РЗЭ) – 120–133 г/т [6, 7, 13].

Вознесенское (Центральное) танталовое месторождение отнесено к стрюверит-колумбитовому типу редкометалльных (топаз-литионитовых) гранитов. Тантал-ниобиевая минерализация представлена в виде мелкой (0,03–0,5 мм) рассеянной вкрапленности танталит-колумбита и стрюверита. Высокое содержание танталовых минералов характерно для зоны грейзенезированных аляскитовых гранитов [15]. Максимальное суммарное содержание Ta и Nb – 33–41 масс. % [14]. Следует отметить, что присутствие протолитионита, обогащенного Sn, Ta, Nb, в глубоких горизонтах массивов танталовых гранитов позволяет использовать их как индикатор присутствия оруденения подобного типа [15].

Крупный Бровничанский щелочно-гранитный комплекс, содержащий редкоземельную и редкометалльную минерализацию, включает три гипабиссальных однофазных массива: Бровничанский, Сицинский и Лазовский (юго-запад Приморья), расположенных на правобережье р. Партизанская. Два из них исследованы в отношении состава магматических пород и редкоземельной минерализации; информацией о Лазовском массиве авторы не располагают.

Для Бровничанского массива характерны агрегационные обособления камерных пегматитов, округлых метасоматически измененных ксенолитов терригенных пород и базальтоидов. Соотношения петрогенных окислов, суммы щелочей, низкие содержания оксидов кальция и магния определяют принадлежность пород к семействам щелочных гранитов и лейкогранитов. Спектр типоморфных элементов-примесей характеризуется высоким содержанием редких земель (Nb, Zr, La, Be – до 600, Y – до 900, Zn – до 600 г/т).

Щелочные сиениты Сицинского массива, в котором проявлена редкоземельная минерализация, представляют завершающую стадию верхнемелового гранитного магматизма с образованием небольших неправильных тел в апикальной части массива. Небольшие интрузивные тела щелочных гранитов данного массива состоят из калинатрового полевого шпата, кварца, альбита, эгирина, щелочного амфибола ряда арфведсонит–рибекит, иногда фаялита, акцессорных минералов сфена, апатита, циркона, титаномагнетита и др. [7, 9].

Кроме этих сравнительно крупных массивов, тела щелочных эоценовых гранитов обнаружены на мысах Орлова и Титова (бухта Валентин) [3, 4], где они образуют два куполообразных выхода площадью 1,0 и 0,3 км$^2$ в пределах Валентиновского гранитного массива. Щелочные граниты здесь состоят из калинатрового полевого шпата, кварца, альбита, эгирина, щелочного амфибола ряда арфведсонит–рибекит, иногда фаялита и лепидомелана. Акцессорные минералы – сфен, апатит, циркон, титаномагнетит. В фаялите определены спектральным анализом $Rb_2O$ – 0,09%, $Cs_2O$ – 0,07%, $Li_2O$ – 0,10%. Среди петрографических разностей, кроме лейкократовых и порфировых, по составу выделяются эгириновые, эгирин-рибекитовые граниты. Радиологический возраст гранитов Бровничанского комплекса (K-Ar метод) колеблется от 46 до 75 млн лет [2].

## Обсуждение и выводы

Долгое время редкоземельные металлы считались в России малоперспективными для использования. Гораздо большее внимание уделялось месторождениям тантала и ниобия. Ниобий и тантал, близкие по химическим свойствам и обычно встречающиеся совместно, издавна широко применялись в промышленности. «Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям ниобиевых, танталовых и редкоземельных руд» (1983 г.) предусматривала в основном изучение и подсчет запасов тантал-ниобиевых руд. РЗЭ определялись как сумма всех элементов, без разделения на группы. Поэтому формально все приморские (и дальневосточные) тантал-ниобий-редкоземельные месторождения, открытые раньше, считаются тантал-ниобиевыми. Современные методические рекомендации [10] разработаны с учетом новой классификации промышленных и потенциально промышленных типов месторождений ниобия, тантала и редкоземельных руд, включающих назначение конечных продуктов, важнейшие технологические особенности руд и основные способы переработки.

Изучение щелочного комплекса Шибановского интрузивного массива позволило установить в его пределах различные геохимические типы гранитоидных пород. Впервые в составе магматической ассоциации Шибановского массива среди гранит-лейкогранитных пород доказано существование неизвестного ранее комплекса щелочных сиенитов, выполнено петрографическое, минералогическое, геохимическое изучение щелочных сиенитов, определены их минеральный состав, изотопный возраст и установлена металлогеническая специализация этих пород на редкоземельное оруденение.

Явная диспропорция информации по редкоземельным объектам Сихотэ-Алиня и исследованному на современном уровне знаний Шибановскому массиву, содержащему редкоземельную минерализацию, не позволяет провести их сопоставление, включающее полный набор факторов, необходимых для прогнозных целей. Однако обобщение имеющихся данных позволяет высказать предположения о сходстве некоторых важных для выделения оруденения индикаторных признаков. Для Сихотэ-Алинских редкоземельных месторождений, как и для исследованного объекта, характерны: 1) высокая щелочность руд и пород; 2) принадлежность магматических и метасоматических образований к натриевой серии, о чем свидетельствует присутствие в породах и рудах натрийсодержащих минералов (альбита, эгирина, натриевых щелочных амфиболов); 3) сходство ассоциаций минералов – концентраторов редких земель (монацит, лопарит, ксенотим, фергуссонит, ортит, апатит, чералит, брабантит и др. [1, 12]; 4) наличие элементов – индикаторов оруденения в породах, породообразующих, акцессорных минералах и минералах-концентраторах, а также отношения этих элементов (Rb/K, Hf/Zr, Ta/Nb и др.); 5) сходные геолого-структурная позиция и геохронологические характеристики некоторых объектов, относимых ранее к типам ниобий-танталовых, ниобий-циркониевых.

Общие черты месторождений редкоземельных элементов Сихотэ-Алинского орогенного пояса позволяют рассматривать их как комплексные объекты, перспективные на редкоземельную минерализацию, и вызывают необходимость доизучения и пересмотра масштабов оруденения. Вовлечение этого рудного потенциала в эксплуатацию, даже по предварительным прогнозным оценкам, известным из фондовых материалов, помогло бы смягчить современную кризисную ситуацию со снабжением РЗЭ страны, а также обрести новый источник сырья, необходимого для развития региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балашов Ю.А. Геохимия редкоземельных элементов. М.: Наука, 1976. 267 с.

2. Белянский Г.С., Рыбалко В.И., Сясько А.А. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации: м-б 1 : 1 000 000 (третье поколение). Лист L-(52) (Пограничный), лист L-53 (оз. Ханка); лист K-(52) (Владивосток), лист K-(53) (Находка). Объяснительная записка / Мин-во природ. ресурсов РФ, Федерал. агентство по недропользованию, ВСЕГЕИ, Примор. поисково-съемочная экспедиция. СПб.: СПб. картогр. фабрика ВСЕГЕИ, 2006. 294 с.

3. Валуй Г.А., Москаленко Е.Ю. Первые данные по изотопии Sm–Nd и Sr мел-палеогеновых гранитоидов Приморья и некоторые вопросы их генезиса // ДАН. 2010. Т. 435, № 3. С. 365–368.

4. Валуй Г.А. Полевые шпаты и условия кристаллизации гранитоидов (Прибрежная зона Приморья). М.: Наука, 1979. 148 с.

5. Геология Тихоокеанского подвижного пояса и Тихого океана. Т. 2. Магматизм и тектоника / под ред. Л.И. Красного. М.: Недра, 1978. 248 с.

6. Залищак Б.Л. Кокшаровский массив ультраосновных и щелочных пород (южное Приморье). М.: Наука, 1969. 146 с.

7. Залищак Б.Л., Толок А.А., Кулдошин В.М., Рачинская И.П. Щелочные породы Приморья // Геология и металлогения советского сектора Тихоокеанского рудного пояса. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 134–147.

8. Когарко Л.Н. Рудный потенциал щелочных магм // Разведка и охрана недр. 2011. № 6. С. 61–64.

9. Магматизм и полезные ископаемые Северо-Восточной Кореи и юга Приморья / под ред. Е.А. Радкевич. М.: Наука, 1966. 224 с.

10. Методические рекомендации по применению «Классификации запасов к месторождениям ниобиевых, танталовых и редкоземельных руд» / Мин-во природ. ресурсов РФ. М., 2007. 42 с.

11. Наумов А.В. Обзор мирового рынка редкоземельных металлов // Изв. вузов. Цветная металлургия. 2008. № 1. С. 22–31.

12. Полякова М.А. Элементный состав редкоземельных руд и его влияние на оценку месторождений: дис. … канд. геол.-минер. наук. М., 2003. 131 с.

13. Руб М.Г., Онихимовский В.В., Бакулин Ю.И. и др. Гранитоиды Мяо-Чанского района и связанные с ними постмагматические образования. М.: ИГЕМ АН СССР, 1962. 171 с. (Тр. ИГЕМ АН СССР; вып. 62).

14. Руб А.К., Руб М.Г. Редкометалльные граниты Приморья. М.: ВИМС, 2006. 86 с.

15. Руб А.К. Типоморфные особенности минералов-спутников танталового и оловянного оруденения. М.: Недра, 1980. 152 с.

16. Степнова Ю.А., Пахомова В.А. Магматизм и металлогения Шибановского рудного поля // Современные проблемы магматизма и метаморфизма: материалы конф., посвящ. 150-летию акад. Ф.Ю. Левинсона-Лессинга и 100-летию профессора Г.М. Саранчиной. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2012. Т. 2. С. 252–255.

17. Толок А.А., Залищак Б.Л., Материкова А.М. Слюдясто-карбонатные метасоматиты бассейна р. Майхе в Приморье // Сообщения ДВФ СО АН СССР. 1963. Вып. 19. С. 15–20.

18. Ханчук А.И., Раткин В.В., Рязанцева М.Ю., Голозубов В.В., Гонохова Н.Г. Геология и полезные ископаемые Приморского края: очерк. Владивосток: Дальнаука, 1995. 68 с.

19. Ханчук А.И., Голозубов В.В., Мартынов Ю.А., Симаненко В.П. Раннемеловая и палеогеновая трансформные континентальные окраины (калифорнийский тип) Дальнего Востока России // Тектоника Азии. М.: ГЕОС, 1997. С. 240–243.

20. Шабанова Ю.А., Пахомова В.А. Петрология магматических пород полихронного Шибановского массива и геодинамическая обстановка их формирования // Строение литосферы и геодинамика: материалы XXIV Всерос. молодеж. конф. Иркутск: Ин-т земной коры СО РАН, 2011. С. 129–130.

21. Шабанова Ю.А., Пахомова В.А. Редкоземельная минерализация Шибановского полихронного массива // Редкие металлы: минерально-сырьевая база, освоение, производство, потребление: тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф. М.: ИМГРЭ, 2011. С. 181–182.