

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бояринцев, А.В. Химические аспекты карбонатного выщелачивания скандия из красных шламов / А.В. Бояринцев, Маунг Аунг Маунг, Йе Аунг Хтет, С.И. Степанов, В.Г. Гиганов, А.М. Чекмарев // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. — 2018. — Т. 80. — № 4. — С. 301–309.
2. Быховский, Л.З. Скандий России: перспективы освоения минерально-сырьевой базы и развития производства / Л.З. Быховский, В.В. Архангельская, Л.П. Тигунов, С.И. Ануфриева // Минеральное сырье. Серия геолого-экономическая, № 22. — М.: Изд-во ВИМС, 2007. — 45 с.
3. Патент RU 2247788 РФ, МПК C22B59/00, 3/04, 3/20, C01F17/00. Способ получения оксида скандия из красного шлама / Яценко С.П., Сабирзянов Н.А., Пасечник Л.А. и др. Заявка № 2003119050/02; заявл. 24.06.2013; опубл. 10.03.2005. Бюл. № 7.
4. Патент RU № 2094374 РФ, МПК C01F17/00, B09B3/00. Способ извлечения скандия из кремнийсодержащих материалов / Степанов С.И., Ильенок А.А., Чижевская С. В., Ключников М. И., Мусаев В.В. Заявитель и патентообладатель федеральный институт промыш-

ленной собственности, отделение ВПТБ. Заявка № 96111651/25; заявл. 11.06.96; опубл. 27.10.97.

5. Сабирзянов, Н.А. Гидрохимические способы комплексной переработки бокситов / Н.А. Сабирзянов, С.П. Яценко. — Екатеринбург: УРО РАН, 2006. — 386 с.
6. Степанов, С.И. Применение механоактивации для повышения извлечения скандия из трудноосквашиваемого силикатного сырья / С.И. Степанов, Хейн Пьей, А.В. Бояринцев, В.Г. Гиганов // Химическая технология. — 2017. — № 10. — С. 450–455.
7. Степанов, С.И. Экстракция скандия из сернокислых растворов смесями Д2ЭГФК и сульфата МТАА в толуоле / С.И. Степанов, Хейн Пьей, А.В. Бояринцев, В.Г. Гиганов, Маунг Маунг Аунг, А.М. Чекмарев // Химическая технология. — 2016. — № 10. — С. 466–470.

© Коллектив авторов, 2020

Степанов Сергей Илларионович // chao\_step@mail.ru  
Бояринцев Александр Валентинович // boyarin\_sanya@mail.ru  
Хтет Йе Аунг // htetyeaung61058@gmail.com  
Чекмарев Александр Михайлович // chekmarv@muctr.ru;

## УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОНОМИКА

УДК 553.041+553.3072

Турамурастов И.Б. (ГП «Институт повышения квалификации» Госкомгеологии РУз), Ежков Ю.Б., Халилов А.А. (ГП «Институт минеральных ресурсов» Госкомгеологии РУз)

### К СТРАТЕГИИ СОЗДАНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

В последние годы неуклонно растет добыча и потребление редкоземельных элементов (РЗЭ) в мире, связанных с резко возросшими потребностями высокотехнологичных отраслей промышленности. В статье обосновывается возможность создания собственной минерально-сырьевой базы РЗЭ. В Узбекистане известны проявления редкоземельной минерализации, однако месторождений не выявлено. Изучен характер распределения РЗЭ в различных геологических формациях мира и Узбекистана в сравнительном аспекте, выделены геологические позиции для дальнейшего изучения и разработана стратегия создания МСБ РЗЭ в Узбекистане. **Ключевые слова:** редкоземельные элементы, минерально-сырьевая база, стратегия развития, генетические типы, рудная формация, экспертная оценка.

Turamuratov I.B. (GP «Institute of Skills Development» of Goskomgeologiya of RUz), Yezhkov Yu.B., Khalilov A.A. (GP «Institute of Mineral Resources» Goskomgeology RUz)

### TO THE STRATEGY OF CREATION OF MINERAL AND RAW MATERIAL BASE OF RARE-EARTH ELEMENTS OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN

In recent years, the production and consumption of rare earth elements (REE) in the world has been steadily growing due to the sharply increased needs of high-tech industries. This

article substantiates the possibility of creating its own mineral resource base of REE. In Uzbekistan, manifestations of rare earth mineralization are known, but no deposits have been identified. The nature of the distribution of REE in various geological formations of the world and Uzbekistan in a comparative aspect has been studied, geological positions have been identified for further study and a strategy has been developed for creating a mineral resource base of REE in Uzbekistan. **Keywords:** rare earth elements, mineral resource base, development strategy, genetic types, ore formation, expert assessment.

В Республике Узбекистан редкоземельные элементы (лантаноиды), к которым по близости физико-химических свойств относится и иттрий, на сегодня являются нетрадиционным, промышленно невостребованным видом сырья. Однако уже многие годы известен факт нахождения весьма повышенных содержаний лантана — до 0,58 %, церия — до 1,49 %, иттрия — 0,47–1,34 % среди уран-ванадатовых руд месторождений в углеродисто-кремнистых образованиях нижнего палеозоя в южной части Центральных Кызылкумов. На этом основании многие исследователи считают возможным отнести руды подобных месторождений к комплексным уран-ванадий-редкоземельным. Имеются и другие примеры установления повышенных концентраций элементов Y-Ce редкоземельной группы, например, в фосфоритовых рудах Кызылкумского региона, в сидеритах каолиновой коры выветривания в подугольной толще Ангренского бурогоугольного месторождения, в глинисто-горючесланцевой металлонасыщенной субстанции эоценового возраста в различных регионах республики, в альбититах и лейкогранитах, пегматитах щелочных интрузивов Чаткало-Кураминского региона, в рудах месторождений благородных металлов и др.

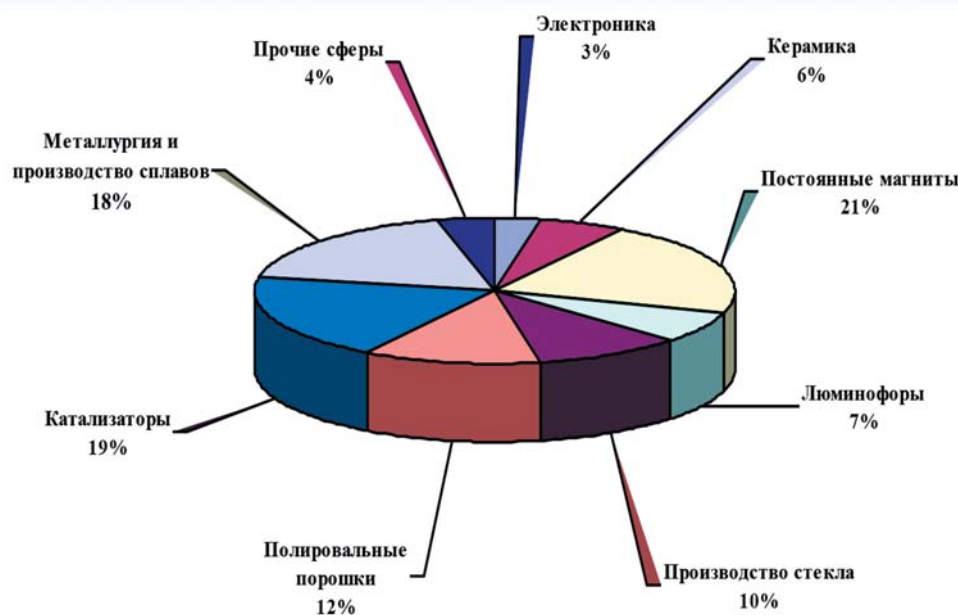


Рис. 1. Области применения редкоземельных элементов

Тем не менее, собственных месторождений редкоземельных элементов в Узбекистане пока не выявлено, их ресурсная база только начинает складываться. Причина такого положения, как представляется, — в вялотекущем характере проводимых геологических исследований по редкоземельной тематике и отсутствии системного подхода в организации и проведении научно-исследовательских, тематических и поисково-разведочных работ с целью целостной оценки потенциала территории республики на редкоземельное орудование.

В настоящей статье рассматриваются проблемы и решения создания собственной минерально-сырьевой базы редкоземельных элементов на основе новой стратегии, включающей проведение эффективных, целенаправленных научно-исследовательских, тематических и полевых геологоразведочных работ (ГРП) с решением на современном этапе и в долгосрочном периоде задач создания сырьевой базы редкоземельных элементов в объемах, необходимых для удовлетворения потребностей экономики страны, с созданием в республике производства, ориентированного на выпуск высокотехнологичной и высоколиквидной продукции.

До конца 1970-х годов мировое потребление и соответствующий спрос на редкоземельные элементы оставались незначительными и задача создания их минерально-сырьевой базы (МСБ) для промышленного производства перед геологами активно не ставилась. Отношение к редкоземельным металлам резко изменилось после научно-технических прорывов в микроэлектронной технике, черной и цветной металлургии, радиоэлектронике, светотехнике, создании мощных магнитов, композитных материалов и др. (рис. 1).

Считается [4], что во второй половине 1960-х годов в развитых странах мира отмечалось начало процесса концентрирования научных исследований в при-

знанных приоритетными направлениях промышленного освоения месторождений и широкого технологического использования полезных свойств редкоземельных металлов и иттрия. Так, во Франции в эти годы создается Редкоземельный Институт, в Англии — Редкоземельная Корпорация, в США — специальный информационный центр (RIC) по редкоземельным элементам. Справедливости ради отметим, что уже в середине 1950-х годов (1956 г.) в России создается единственный до сих пор в мире НИИ редких элементов (ИМГРЭ, Москва), в трудах которого редкоземельному направлению постоянно от-

водится достойное место.

Практически в это же время (1957 г.) в Ташкенте создается Среднеазиатский НИИ геологии и минерального сырья (САИГИМС), преемник которого — ГП «ИМР» — отметит в этом году свое 63-летие. Редкоземельная тематика в деятельности САИГИМСа не была профилирующей, однако ей уделялось внимание при изучении интрузивных образований и масштабной проблемы редкометалльного пегматитообразования в Центральной Азии. В настоящее время редкоземельной тематикой занимаются в ГП «Институт минеральных ресурсов», ГП «Институт геологии и геофизики им. Х.М.Абдуллаева» и в производственных подразделениях Госкомгеологии РУз.

На рис. 2 выделены горно-рудные районы мира, объединяющие месторождения редкоземельных элементов, размещающиеся на континентах и в их ближайшем обрамлении. В границах этих районов оказались все известные в мире геолого-генетические типы месторождений — от эндогенных до гипергенно-осадочных, россыпных до ионно-сорбционных [14].

Весьма интересно долевое участие (распространенность) различных типов месторождений в редкоземельном потенциале мира (рис. 3), из чего можно сделать вывод о том, что россыпные месторождения, особенно прибрежно-морские, наиболее многочисленны и остаются главным источником редкоземельного монацита, хотя и выделяющегося при этом высокой концентрацией тория, создающего соответствующий радиоактивный фон [14].

Обращает на себя внимание и резко возросшие по сравнению с концом прошлого века численность и вклад в мировую добычу редкоземельных месторождений ионно-сорбирующих глин Южного Китая (Хунви, Лонгнан и др.), которые по этому показателю (рис. 3) вплотную приблизились к отдельным типам эндогенных карбонатитов, на их суммарную долю приходится

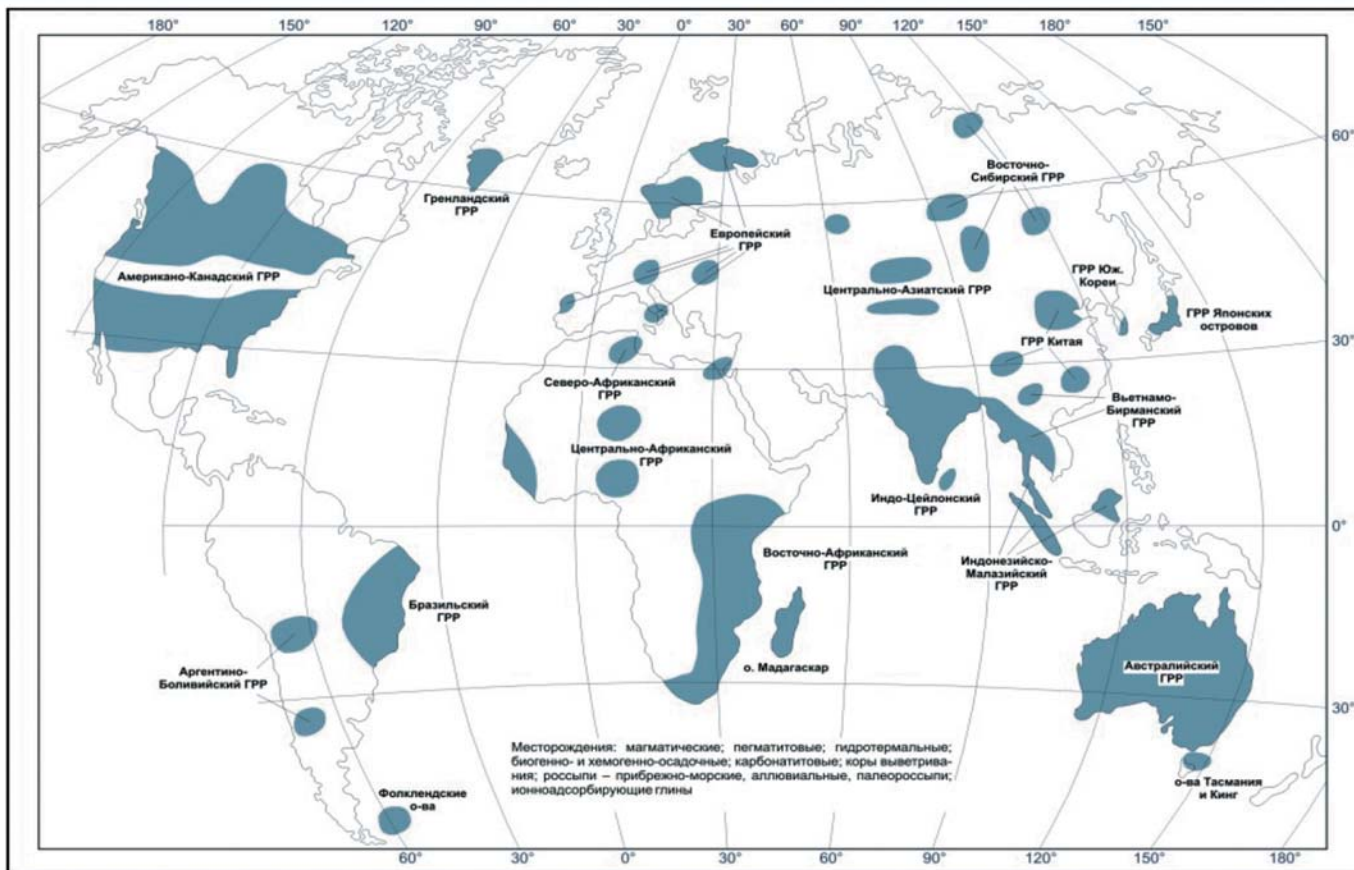


Рис. 2. Схема размещения горнорудных районов мира с месторождениями редкоземельных элементов

около 80 % всей массы РЗЭ, поступающей на мировой рынок.

Сложившееся положение за последние 10–15 лет в производстве редкоземельной металлопродукции значительно опережает на нее спрос, сопровождается при этом ростом рыночных цен на РЗЭ как в их сумме, так и на отдельные оксиды и является уникальным событием в мировой экономике.

В настоящее время добычу редкоземельных элементов осуществляют главным образом из эндогенных, магматогенно-гидротермальных руд, продуктов их гипергенного корового преобразования — ионно-адсорбционных глин, морских, аллювиальных и палеороссыпей. Основная часть промышленных запасов эндогенных редкоземельных месторождений мира заключена в бастнезитовых рудах (около 90 %), тогда как на долю монацитовых россыпей приходится около 9 %, около 1 % — на ксенотим, апатит, гадолинит и другие минералы.

Динамика мировой добычи редкоземельных металлов до 2010 г. росла до 110 тыс. т. 2011–2018 гг. (табл. 1) также характеризуются неуклонным ростом (более чем в 1,5 раза). Увеличение массы добытых РЗЭ за обозримый период (1955–2019 гг.) сопровождалось довольно резкими флюктуациями. Однако

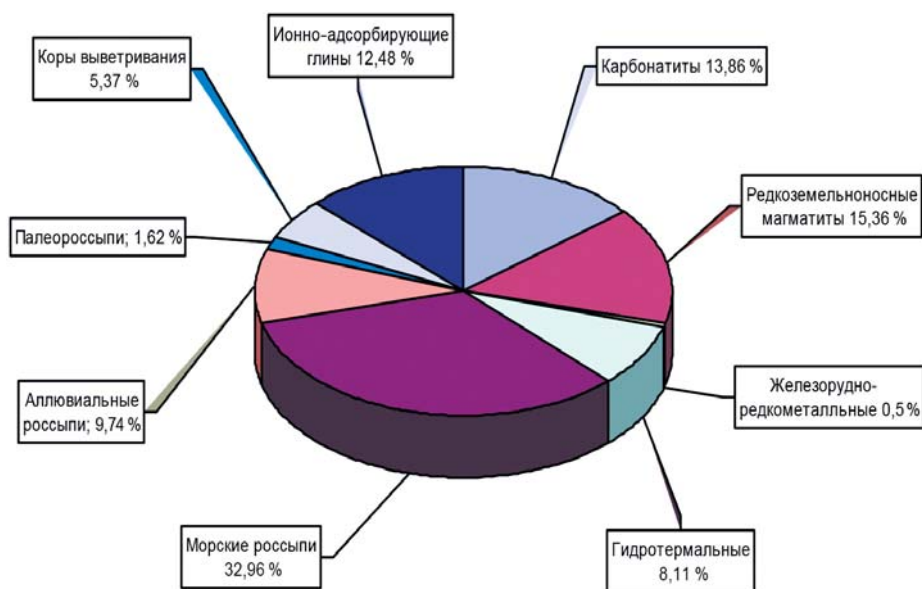


Рис. 3. Удельная распространенность различных типов месторождений редкоземельных металлов в редкоземельном потенциале мира

Таблица 1

Динамика мировой добычи редкоземельных элементов 2011–2018 гг. (тыс. т по содержанию РЗЭ)

Страна	2011	2012	2013	2014	2016	2018	%	Запасы
США	—	800	5500	5400	4100	15130	8,9	1400000
Австралия	2200	3200	2000	8000	14000	20060	11,8	3400000
Бразилия	250	140	330	—	1100	1020	0,6	22000000
Китай	105000	100000	95000	105000	105000	120700	71,0	44000000
Индия	2800	2900	2900	0	1700	1819	1,07	6900000
Малайзия	280	100	180	240	500	204	0,12	30000
Россия	—	2400	2500	2500	3000	2618	1,54	18000000
Тайланд	—	—	800	2100	800	1003	0,59	2000000
Вьетнам	—	220	220	—	300	408	0,24	20000000
Другие	—	—	—	—	—	7028	4,14	24270000
Всего	110530	109760	109430	123240	126000	170000	100,0	120000000

Таблица 2

Динамика цен на редкоземельные оксиды 1955–2019 гг. (долл. кг, чистота 99 % содержанию РЗЭ)

Оксид	Годы						
	1955 <sup>1</sup>	2007 <sup>2</sup>	2009 <sup>2</sup>	2011 <sup>2</sup>	2015 <sup>3</sup>	2017 <sup>3</sup>	2019 <sup>4</sup>
Лантана	20–400	3,4	4,9	104,1	6,0	2,0	2,0
Церия	150–200	3,0	3,9	102,0	6,0	2,0	2,0
Неодима	110–160	30,2	19,1	234,4	69,0	42,0	46,0
Празеодима	500–750	29,0	18,0	197,3	134,0	52,0	59,0
Самария	1000–2000	3,6	3,4	103,4	30,0	7,0	2,1
Диспрозия	30000–50000	89,1	115,7	1449,8	525,0	230,0	178,0
Европия	100000–200000	323,9	492,9	2842,9	1100,0	150,0	43,0
Тербия	60000–500000	590,4	361,7	2334,2	950,0	400,0	435,0
Иттрия	500–2000	5,0	5,0	5,0	20,0	6,0	33,0

Примечание. А.И. Гинзбург и др., 1953 г.<sup>(1)</sup>; Компания Lynas Corporation Ltd, Австралия<sup>(2)</sup>; Metalresearch, Россия<sup>(3)</sup>; <http://www.infogeo.ru/metals/worldprice/><sup>(4)</sup>.

начало периода роста рыночной стоимости РЗЭ после существенного увеличения добычи приходится на середину 1990-х годов, когда ценовая политика по отношению к РЗЭ отличалась, по мнению экспертов, «стабильной вялотекущей». Интересно, что если увеличить на несколько десятилетий ретроспективу изменения мировой ценовой политики (табл. 2), то можно утверждать, что цены на редкоземельную продукцию за более чем полувековой период снизились (с 1955 г.) на отдельные РЗЭ (диспрозий, иттрий, тербий) в десятки и сотни раз.

Очевидно, что в середине XX в. причиной аномально высоких цен на РЗЭ стали как минимальный промышленный спрос на них, а отсюда и неактивное предложение, так и невысокий уровень технологических решений при извлечении РЗЭ из руд. 2011 г. отличают максимумы цен на редкоземельную продукцию, а период 2012–2019 гг. характеризуется стабилизацией динамики: наблюдаем относительно равномерный

рост добычи и равномерное снижение цен.

Результаты многолетнего изучения месторождений редкоземельных элементов по всему миру обобщены и опубликованы в многочисленных трудах [3, 4, 6, 9, 10, 12, 15 и др.]. Согласно этим исследованиям, большая часть месторождений мира, несущих редкоземельную минерализацию, относится к комплексным редкометалльным и только несколько — к собственно редкоземельным месторождениям. К наиболее значимым собственно редкоземельным относятся три месторождения: Баян Обо в КНР, Маунтин Пасс в США, Кутесай в Киргизии. Из них два первых, существенно цериево-земельные, представлены карбонатами, генетически связанными с щелочными сиенитами, а третье — существенно иттриево-земельное — с метасоматитами щелочных гранитов. Все остальные известные типы месторождений комплексные, где редкоземельные элементы представляют попутный компонент, значимость которого изменяется в за-

висимости от конъюнктуры рынка.

Изучение информационных ресурсов показывает, что существуют множество типов классификаций месторождений редкоземельных элементов. Один из них, составленный на генетическо-формационной основе (сокращенный), приведен в табл. 3. Данная классификация наиболее популярна, основана на изучении более чем 800 проявлений и месторождений, используется повсеместно, но одновременно весьма условна. Остальные классификации основаны на других принципах, в частности, на рудно-формационных, генетических, в связи с определенными группами пород и т.д. Часто эти классификации не согласуются между собой. Более того, те или иные месторождения в них могут относиться разными авторами к различным генетическим (геолого-промышленным) типам (например, *Маунтин-Пасс*).

Н.А.Солодов и др. [12] детально рассмотрели различные типы месторождений РЗЭ, выделили их

**Таблица 3**  
**Генетическая классификация редкоземельных месторождений**

Тип месторождений	Характеристика	Кол-во	Крупность месторождений и содержание РЗЭ в рудах	Месторождения
<b>Коренные месторождения</b>				
Связанные с карбонатами	Месторождения, <i>связанные с карбонатами</i> – богатые вулканические породы, относящиеся к щелочным магматическим провинциям и зонам обширных разрывных залегающих пород	107	От нескольких десятков тыс. т до нескольких сотен млн т 0,1–10 % РЗЭ, например, м-ние Баян-Обо: 750 млн т при содержании 4,1 % РЗЭ	Mountain Pass, США; Bayan-Obo, Китай; Okorusu, Намибия; Amba Dorgar, Индия; Barra do Itapirapua, Бразилия
Связанные с щелочными вулканическими породами	Месторождения, <i>связанные с вулканическими породами</i> , характеризующиеся часто встречающимися щелочными минералами и обогащением HFSE*	122	Обычно <100 млн т (Lovozero >1000 млн т), содержание переменное, обычно <5 % РЗЭ, например, Thor Lake: 64,2 млн т при содержании 1,96 % РЗЭ	Ilmaussaq, Гренландия; Khibina and Lovozero, Россия; Thor Lake, Канада; Weishan, Китай; Brockman, Австралия
Железородно-редкометалльные м-ния (железо-оксидные Cu-Au м-ния)	<b>Медно-золоторудные</b> месторождения богатые оксидами железа и различные по типу и классу	4	Например, Olympic Dam: 2000 млн т при содержании 0,3295 % РЗЭ	Olympic Dam, Австралия; Pea Ridge, США
Гидротермальные м-ния (не относящиеся к щелочным вулканическим породам)	Обычно кварц, плакиновый шпат, полиметаллические рудные жилы и пегматиты различного происхождения	63	Обычно <1 млн т, редко более 50 млн т, содержание переменное, обычно <0,5–4,0, изредка до 12 % РЗЭ, например, Lemhi Pass: 39 млн т при содержании 0,51 % РЗЭ	Karonge, Бурунди; Naboomspruit and Streenkampskraal, Южная Африка; Lemhi Pass, Snowbird and Bear Lodge, США; Hoidas Lake, Канада
<b>Россыпные месторождения</b>				
Морские россыпи	Месторождения, не подвергающиеся выветриванию, тяжелые металлы (породы), обогащенные прибрежными процессами и встречаемые вдоль или около существующей береговой линии	264	Изменчивая масса в т обычно в порядке от десятков до 1–6 сотен млн т, в основном <0,1 % монацита. Например, Jangardup: 30 млн т при содержании 0,046 % монацита	Eneabb, Jabgardup, Capel WIM 150, Австралия; Green Cove Springs, США; Richards Bay, Южная Африка; Chavara, Индия
Аллювиальные россыпи	Скопление устойчивых, тяжелых минералов в руслах рек	78	От десятков до <200 млн т обычно <0,1 % монацита. Например, Horse Creek: 19 млн т при содержании 0,041 % монацита	Perak, Малайзия; Chavara, Индия; монацитовый пояс в Каролине и Horse Creek, США; Гуандун, Китай
Палеороссыпи	Древние россыпные отложения, обычно образующие уплотненные, сцементированные породы	13	От десятков млн т до млн т, обычно (<0,1 % РЗЭ)	Elliot Lake, Канада; Bald Mountain, США
Коры выветривания (латериты)	Элювиальные поверхностные отложения, образованные интенсивным химическим выветриванием вулканических пород, обогащенных РЗЭ	42	От нескольких десятков тыс. т до нескольких сотен млн т, 0,1–10 % РЗЭ. Например, Mt Weld: 12,24 млн т при содержании 9,7 % РЗЭ (до 40 % РЗЭ)	Mount Weld, Австралия; Araxa, Бразилия; Kangankunde, Малави
Ионно-адсорбирующие глины	Месторождения остаточной глины, образованные из выветривания гранитов, обогащенных РЗЭ	>100	Наибольшее количество <10000 т, с низким содержанием (0,03–0,35 % РЗЭ)	Longnan, Хунву, Китай

\* элементы, характеризующиеся размерами ионного радиуса в диапазоне 0,64–1,08 Å, высоким зарядом (валентность 3 и более) и во многих случаях ограниченной подвижностью при эпигенетических процессах. Типичными представителями являются Sc, Ti, Zr, Nb, Hf, Ta, Th, U, а также РЗЭ, включая Y.

парагенетические типы и, как практический подход к выявлению месторождений, привели для них прогнозные и поисково-оценочные критерии. По нашему мнению, эта детализованная, основанная на выделе-

нии парагенетических ассоциаций, классификация более подходит для поисковых целей.

В задачу настоящей статьи не входит детальный разбор известных классификаций месторождений

редкоземельных элементов, тем более проведение их оценки с точки зрения всеобъемлемости, но вместе с тем при необходимости прибегнем к рассмотрению отдельных деталей различных классификаций РЗЭ.

Известно, что редкоземельная индустрия — это высокотехнологическое производство, которое требует применения современных методов, техники и технологий, начиная с этапа геологических исследований при проведении геологоразведочных работ до этапа добычи, переработки и выпуска конечной продукции. То обстоятельство, что создание сырьевой базы редкоземельных элементов в Республике Узбекистан может дать толчок к появлению новых отраслей промышленности и созданию высокотехнологичных, наукоемких производств по переработке и выпуску высоколиквидной продукции, по нашему мнению, в настоящее время является весьма своевременной и актуальной задачей для геологической отрасли страны.

Главный национальный интерес в области экономики Узбекистана — обеспечение ее способности функционировать в режиме расширенного воспроизводства при максимальной независимости от внешнего воздействия. Защита этого национального интереса возможна на основе устойчиво функционирующего высокотехнологического производства, способного обеспечить ведущие отрасли экономики качественным сырьем и оборудованием. Сказанное всецело касается минерально-сырьевого сектора, так как в валовом национальном продукте республики доля горно-добывающего и перерабатывающего комплекса составляет около одной трети. Так, создание минерально-сырьевой базы новых видов сырья стоит в одном ряду с воспроизводством имеющихся и разрабатываемых сырьевых баз, в частности, это касается рассматриваемой здесь проблемы создания минерально-сырьевой базы редких земель.

В настоящее время в республике отсутствует принцип детально проработанной концепции, подхода, а точнее, новой стратегии создания МСБ редкоземельных элементов (далее Стратегия) в обозримый предстоящий период, что и предопределило одну из основных задач настоящей статьи.

Цель новой Стратегии — формирование конкурентоспособной сырьевой базы редкоземельных элементов, вследствие проведения эффективных целенаправленных научно-исследовательских, тематических, и полевых ГРП, эффективного решения на современном этапе и в долгосрочном периоде задач создания минерально-сырьевой базы редкоземельных элементов в объемах, необходимых для удовлетворения потребностей экономики страны в данном сырье, с созданием в республике высокотехнологического производства, ориентированного на выпуск высоколиквидной продукции на экспорт.

Этот подход основывается на базовых подходах третьего приоритета — «Приоритетные направления развития и либерализации экономики» Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017–2021 гг. в части повышения конкурентоспособности национальной эконо-

мики за счет углубления структурных преобразований, модернизации и диверсификации ее ведущих отраслей:

— дальнейшая модернизация и диверсификация промышленности путем перевода ее на качественно новый уровень, направленный на опережающее развитие высокотехнологичных обрабатывающих отраслей, прежде всего по производству готовой продукции, с высокой добавленной стоимостью, на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов;

— освоение выпуска принципиально новых видов продукции и технологий, обеспечение на этой основе конкурентоспособности отечественных товаров на внешних и внутренних рынках.

Отметим, что в настоящее время остро назревший вопрос создания минерально-сырьевой базы редкоземельных элементов в республике находится под влиянием определенных сдерживающих факторов, основные из них:

— отсутствие научно-обоснованной программы изучения генетических типов месторождений редкоземельных руд, их структурно-морфологических, технологических особенностей, горно-технических условий размещения и экономических аспектов;

— сравнительно небольшой объем работ — затраты на поиски редких и редкоземельных элементов составляют менее 1 % от общего объема затрат, что сдерживает проведение широкомасштабных исследований.

Изучение информационных ресурсов показывает, что каких-либо методических указаний по стратегии создания МСБ РЗЭ, которые без существенных корректировок можно было бы использовать для условий Узбекистана практически нет, а имеющиеся немногие материалы [13 и др.] использованы авторами как ориентиры.

#### **Выделим основные составляющие компоненты новой Стратегии:**

**Научное обеспечение.** Главные функции научной составляющей геологии в рамках создания сырьевой базы — это предсказать открытие месторождений на ранних этапах изучения перспективных территорий, обосновать их закономерности размещения, обеспечить высокую результативность ГРП и значительные приросты прогнозных ресурсов и запасов, адекватные финансовым затратам. Ведущее значение при этом имеет аналитически осмысленное и обоснованное предсказание, или точнее, научный прогноз будущих открытий. Суть его — обосновать, какие новые месторождения по величине запасов и по качеству, где и в каких горно-технических условиях будут выявлены месторождения редкометалльно-редкоземельного сырья.

**Ресурсное обеспечение минерально-сырьевой базы.** Основу ресурсного обеспечения в стратегическом плане составляет величина и структура потенциальных ресурсов (запасов кат.  $V_1 + C_1$  и прогнозных ресурсов кат.  $P_1$  и  $P_2$ ), а также величина нелокализованных ресурсов (металлогенетический потенциал) и перерабатывающие мощности. Они призваны определить георесурсные элементы развития МСБ РЗЭ. Но, как видим из вышеприведенного — их еще необходимо

создать. Оценка металлогенического потенциала РЗЭ ни по регионам, ни по республике не проведена. Для проведения такой оценки необходимы сбор, анализ и обработка большого объема геологического материала как по зарубежным месторождениям РЗЭ, так и по их проявлениям, выявленным ранее на территории республики. Кроме того, необходимо выявить все возможные источники РЗЭ (комплексные и техногенные месторождения, попутные компоненты и др.).

**Методическая составляющая.** Здесь мы сталкиваемся с полным отсутствием каких-либо утвержденных инструктивных и методических документов по геологическому изучению, поискам и разведке месторождений редкоземельного сырья. Необходимо подготовить и утвердить временную ведомственную инструкцию и методические рекомендации по геологическому изучению проявлений и месторождений редкоземельных элементов.

**Производственно-техническая база.** Модернизация и техническое перевооружение предприятий Госкомгеологии Республики Узбекистан, проведенные в последние годы, коренным образом улучшили их технические возможности и сегодня позволяют решать геологические задачи любой сложности на современном уровне. Достаточность технического обеспечения поставленной задачи, особенно новая инновационная техника, приборы и оборудование, гарантируют качественное и своевременное выполнение планируемых исследований.

**Инновационно-технологическая составляющая.** В этом разделе Стратегии мы касаемся только вопросов переработки редкоземельных руд (извлечение из руд, разделение и выпуск продукции, глубина передела и т.д.), если они будут выявлены по результатам ГРР. Для геологов Узбекистана это сложный вопрос. Информация о сколь-нибудь значимых технологических исследованиях в этом направлении основывается только на разработках ГП «Институт минеральных ресурсов» по переработке золы горючих сланцев с успешным получением из них ряда металлов, в т.ч. редких и редкоземельных элементов в лабораторных условиях. Решение этой задачи — вопрос будущего.

**Экономическая составляющая.** С одной стороны, она предполагает выбор экономического подхода к выработке Стратегии. Мы, исходя из наших отправных положений, выбираем подход минимизированных затрат и диверсифицированного роста. Такой подход (стратегия) реализуется в том случае, когда нет возможности далее развиваться в этом направлении с имеющимся подходом и результатами в данной отрасли. С другой стороны, экономическая составляющая связана с финансированием ее реализации и вопросом: что мы получим взамен в качестве продукции с признаками товара, конкурентную стоимость которого можно рассчитать, в крайнем случае — прогнозировать. Эти вопросы должны найти свое отражение в Стратегии.

**Кадровый аспект.** Успех реализации поставленной задачи в рамках отдельно взятого предприятия или

отрасли в целом в значительной степени зависит от интеллекта и профессионализма кадров, работающих в этом направлении. Достижение целей (в т.ч. кадрового аспекта) в ходе выполнения Стратегии должно характеризоваться набором количественных целевых показателей, которые необходимо определить и периодически контролировать их выполнение. Очевидно, что освоить и реализовать все поставленные задачи способна только современная энергичная кадровая структура, обладающая соответствующей подготовкой.

В сложившихся условиях для создания новой Стратегии целесообразно принять комплексный подход, включающий:

— сбор, систематизацию, анализ и обобщение материалов о состоянии ГРР по изучению месторождений РЗЭ, обзор генетических типов, проблемы производства и потребления, спроса и предложения, области применения, типовые месторождения, состояние МСБ РЗЭ в мире, изученность их проявлений в Узбекистане и другие источники (комплексные и техногенные месторождения, попутные компоненты и др.);

— анализ благоприятных факторов редкоземельной рудолокализации в Узбекистане с прогнозом возможных перспективных позиций для выявления концентраций РЗЭ;

— составление карты размещения проявлений редкоземельных элементов на территории республики с прогнозом возможных рудоперспективных таксонов (СВК, районы, узлы, пояса, рудные поля и др.);

— на основе анализа информации по зарубежным литературным источникам — определение поисковых критериев, признаков поисков редкоземельных руд, необходимый комплекс методических подходов, геофизических, геохимических и других геологических изысканий для комплексной оценки имеющихся и выявление новых проявлений РЗЭ, другими словами — создание «поискового инструмента»;

— разработку технологии переработки редкоземельных руд;

— основные геологические, технико-экономические показатели, используемые при экономической оценке рудопроявлений и месторождений.

Анализ и обобщение данных по редкометалльной металлогении Узбекистана позволили составить представление о том, какой геологический материал может быть использован для прогнозных построений. С этой целью приведем краткую характеристику известных рудопроявлений и геологических позиций, а также возможных дополнительных источников извлечения редкоземельных элементов.

**1. Лейкократовые высокофтористые граниты и аляскиты** Чаткало-Кураминского региона — Чаркасарский, Арашанский, Саргардонский, Каракыз-Анаульганский, Баркрак-Ойгаингский интрузивные массивы с флюоритом, фергусонитом, монацитом, ксенотимом, РЗ-ортитом и сфеном, ильменорутилом, ильменитом, торитом, оранжитом, цирконом [2].

В связи с щелочными (гастингситовыми) гранитами в северо-восточной части Арашанского массива известны псевдожильные тела кварцевых альбититов с рутилом, редкоземельными титанатами, ниобатами и уран-ториевой минерализацией (Келенчек).

**2. Карбонатиты.** В Узбекистане такого типа породы установлены в Чагатайском трахит-карбонатитовом комплексе, образующим компактный рой сближенных даек и вулканические трубки взрыва, развитые на северных склонах Южного Нуратау [5]. Характерны высокие содержания фтора (от 0,06 до 3,4 %). Содержания редких земель относительно типичных карбонатитовых массивов центрального типа более пониженные и чаще всего соответствуют щелочным базальтоидам Восточно-Африканских рифтов.

**3. Вулканоплутоногенные эксплозивно-интрузивные и вулканогенно-осадочные образования** с горизонтами углеродисто-карбонатно-кремнистых алевролитов и алевропелитов (Шавазсай), а также экструзивно-интрузивные (Ерташсай) образования туфов, трахидолеритов, сиенит-порфиров, трахитов с редкометаллоносными некками щелочных онгориолитов (Шавазсай, Ерташсай и др.) с редкими землями, флюоритом, Nb, Ta, Zr, U, Th [8]. Высокие концентрации флюорита, как высокотемпературного аксессуора в лейкогранитах Чаткало-Курамы и в качестве гидротермальной минерализации в объектах так называемой полосы Арашан-Кумбельских разломов, сопровождаемые среди зон развития плавикового шпата иттрийсодержащими и цериевыми (флюоцерит) минеральными обособлениями, позволяют оценить зоны как потенциально перспективные в отношении продуктивности на группу редких земель.

**4. Лейко- и мезократовые гранитные интрузивы** Западного Узбекистана: Актауский, Сартакчинский, Каратауский, Кошрабадский, Алтынтауский с ортитом, монацитом, эксенитом, колумбитом, циртолитом (с Nb, Th, U), ортитом, ксенотимом. В гранитах Алтынтау также определены ураноносные фосфаты торбернит и отенит из группы урановых слюдок, лепидолит и берtrandит. В турмалинах Каратауского интрузива концентрация редких земель в сумме достигает 2000 г/т. Особый интерес вызывают эндо- и экзоконтактовые зоны гранитов Алтынтау, где располагаются шлихи с гранатом, монацитом, колумбитом, шеелитом, касситеритом, золотом и тантало-ниобатами. Здесь исследователи гранитных пород прямо говорят о необходимости детального изучения как третичных, так и меловых отложений, образовавшихся за счет размыва масштабных кор выветривания на гранитах Алтынтау — потенциального магматического источника **россыпей тантала, ниобия, редких земель** (монацита) вместе с шеелитом и касситеритом [6].

**5. Штоки дайкообразных тел нефелиновых (гастингситовых) сиенитов** такситовой текстуры (фойяиты), вытянутых в северо-восточном почти широтном направлении (1,5 км<sup>2</sup>) в южной и юго-восточной частях Тосбулакского (55 км<sup>2</sup>) гранитоидного интрузива в горах Кульджуктау. Интерес к нефелиновым сиенитам

вызван не только их чрезвычайной редкостью среди интрузивных магматитов Узбекистана, но прежде всего тем, что с ними в щелочных массивах различных регионов мира, а часто и в сочетании с ультраосновными магмами, связаны крупнейшие месторождения редкоземельных элементов (с Nb, Ta, Zr, Y) [6].

**6. Альбититы**, вмещающие редкометалльное и редкоземельное оруденение. Наиболее яркий представитель — Келенчек-Ташсайская площадь, локализованная в юго-западной части Арашанского гранитоидного интрузива. Здесь редкометалльно-редкоземельная минерализация накладывается на существенно альбитизированные рудоносные породы (альбититы) и обуславливает их практически значимую редкометалльность и редкоземельность. В оруденелых породах характерны выделения самарскита, иттротанталита, пироклора, поликразы, фергюсонита, рутила, гадолинита, торит-оранжита, перьерита и др. [6, 14]. Содержание суммы редких земель варьирует от 0,11 до 0,20 %.

**7. Онгониты, онгориолиты и редкометалльные лейкограниты** установлены и изучены в пределах Каракушхана-Башкызылсайской, Четсу-Шавкатлинской, Ерташсайской, Келенчек-Ташсайской перспективных редкометаллоносных площадей Ангреноского рудного района. Выявлены новые типы пород — щелочные (эгириновые) онгориолиты и определена их рудоносность на редкие металлы (W, Sn, Zr, Hf, Y, Nb, U, Th, P3Э). Представляется, что с глубиной (~500 м) эти породы могут перейти в «рудные породы» — эгириновые редкометалльные граниты — аналоги пород месторождений Nb, Ta, P3Э и др. Колумбии, Нигерии, Мадагаскара, Сибири и Казахстана [8].

**8. Палеозойские углеродисто-кремнистые сланцы Центральных Кызылкумов.** В Республике Узбекистан в подобном типе пород выявлена вся группа редкоземельных элементов плюс скандий и иттрий. Так, кроме водородных урановых объектов в Центральных Кызылкумах известна полигенная группа месторождений урана в углеродисто-кремнистых сланцах палеозоя (16,6 % от общего баланса урана РУз). Оруденение многокомплексное (V, Mo, Re, Sc, Se, P3Э, Y, Au, Ag, W), приуроченное в основном к зонам чешуйчато-надвигового скупивания пород. Основными минеральными рудообразователями этих месторождений являются урано-ванадаты. По стволу шахты месторождения Рудное отмечаются содержания, %: лантана — 0,18–0,58, церия — 0,32–1,49, иттербия — 0,064–0,076, иттрия — 0,47–1,34. При этом ни минералы-концентраты, ни минералы-носители редких земель не исследованы [14].

**9. Гидрогенные** (экзогенные пластово-инфильтрационные) **месторождения урана.** Как правило, сопутствующими компонентами урана в гидрогенных месторождениях «песчаникового типа» являются селен, ванадий, молибден (0,01–0,1 %), рений (0,8–2,0 г/т), скандий (0,05–0,35 %), а также иттрий и лантаноиды, которые, как попутные компоненты урана, установлены в рудах тех месторождений и тех рудовмещающих



горизонтов, которые содержат скандий. В Узбекистане более 30 лет извлекаются попутные компоненты из урановых руд, например, рений. При этом серьезная проработка извлечения редкоземельных элементов пока остается не реализованной. Этой тематикой в последнее время в связи с повышением интереса к РЗЭ успешно занимаются многие исследовательские центры мира, свободно извлекая их из растворов, содержащих 25–30 мг/дм<sup>3</sup> редкоземельных элементов [14].

**10. Ионно-адсорбционные глины.** Анализ недавних геохимических данных производственных подразделений Госкомгеологии РУз, а также информация, приведенная в работе [1], показывают, что ряд проб из мезозойских и кайнозойских глин в обрамлениях Кульджуктау характеризуются повышенными концентрациями, г/т: Yb — до 10,0, La — до 50,6, Ce — до 364,7, Pr — до 29,9, Nd — до 110,0, Sm — до 27,9, Eu — до 3,17, Gd — 28,4, Dy — 24,0, Ho — 3,69, Er — до 10,0 и Y — до 110. Систематизация аналитических данных свидетельствует о том, что основные концентраты редкоземельных элементов на изученных площадях — каолиновые и каолинсодержащие глины в нижних подстилающих горизонтах нижнемеловых отложений. В этом ракурсе, учитывая высокую ионно-сорбционную способность глинистых толщ и коренных пород, имеющих повышенные содержания РЗЭ в областях их сноса, могут возникнуть новые вопросы в связи с возможным присутствием «ионных» иттриево-земельных руд (подобие так называемых ионно-сорбирующих глин Китая), являющихся основным мировым источником наиболее дефицитных тяжелых РЗЭ — стратегических металлов минерального сырья, поставку которого на мировой рынок Китай обещает прекратить.

**11. Фосфоритовые руды** Кызылкумского региона содержат повышенные концентрации элементов Y–Ce редкоземельной группы. В Узбекистане выявлены фосфориты зернистого и микрозернистого типа, пологозалегающие, небольшой мощности (до 1,2 м) в отложениях палеогена. В зернистых фосфоритах Кызылкумского бассейна концентрация РЗЭ цериевой группы достигает 0,024–0,055 % (ср. 0,04 %), что в целом соответствует среднему значению их в морских фосфоритах.

**12. Кора выветривания гранитоидов.** Проявление редкоземельных элементов расположено в северной части угольного разреза Ангренский. Приурочено к юрской подугольной коре выветривания, развитой по пермским липаритам Бабайтагского субвулкана и представленной кремнисто-карбонат-каолиновыми образованиями, содержащими в среднем на глубину около 41 м, 0,1 % и более суммы 15 РЗЭ. Наличие в гранит-липарит-порфирах редкоземельных акцессориев, обломков липаритов в коре, содержащих повышенные концентрации РЗЭ, г/т: Ce — 1290, Tb — 126, Sm — 92, Eu — 10, ликвационное расслоение липаритового субвулкана и его флюидонасыщенность (H<sub>2</sub>O, высокоактивные F, Cl) способствовали концентрации рудного вещества в зонах его выветривания и развитию новообразованных редкоземельных минералов [7].

**13. Горючие углеродсодержащие металлоносные сланцы и угольные месторождения.** Вопрос о возможной утилизации (извлечении) в Узбекистане редких земель, как и остальных элементов (V, Mo, Re, Ni, Zn, возможно, уран) из сланцево-монтмориллонитоглинистой массы, возникает после ее термической переработки (пиролиз) с образованием твердых отходов (кокс и др.) после удаления углеводородной субстанции (смолы, газовые погоны), остается актуальным. Содержание РЗЭ в угольных пластах варьирует от 0,025–0,1 до 1,5 %. Такие содержания, учитывая в основном иттриево-земельный состав руд, сопоставимы с концентрациями этих металлов в отработываемых сегодня известных месторождениях: РЗЭ-содержащие коры выветривания Южного Китая (0,05–0,2 %) или в гидротермальных рудах месторождения Кутессай II в Киргизии (0,25 %). На некоторых угольных месторождениях установлены карбонатная и (или) ионная легко извлекаемые формы нахождения РЗЭ, что еще больше повышает качество этого сырья [6, 26].

**14. Твердые отходы фосфоритового производства — фосфогипс.** Переработка фтор-стронций-уран-редкоземельного фосфоритового сырья в Узбекистане (ОАО «Аммофос-Максам» и др.) осуществляется, как правило, по серно-кислотной технологии с образованием фосфогипса (CaSO<sub>4</sub> × nH<sub>2</sub>O), который при длительном производстве накапливается в объемах до сотен тысяч тонн. Основные доли в извлекаемой ценности фосфогипса еще предстоит определить, однако, как установлено в других регионах мира, — это стронций, фтор, уран и редкоземельные элементы. Техногенный фосфогипс — потенциально ценный источник редкоземельного, а, возможно, и другого ликвидного минерального сырья, передел которого с помощью безотходных технологий будет иметь и другую благоприятную перспективу — экологическую [14].

**15. Бокситы.** В Узбекистане в результате ранее проведенных ГРП выявлены десятки рудопроявлений бокситов. Известны бокситопроявления палеозойского и мезозойского возраста. Палеозойские бокситы выявлены в Кызылкумском, Нуратинском и Южно-Ферганском районах. Наиболее значительное — Актауское в горах Тамдытау. В Нуратинском районе — карстовые рудопроявления (Меришкорское, Кызылбулакское) и прибрежно-морские бокситы (Койташское, Нарванское, Каратауское). В Гиссарском районе известны более 70 рудопроявлений, из них к разряду месторождений приближаются Кайрак в горах Байсунтау и Кандаджуаз в горах Мечетли и др. В предыдущих исследованиях нет достаточных данных о редких землях, вместе с тем в бокситах минералогически определен апатит, содержание которого в бокситах достигает 1,5–2 %. Именно в фосфатах бокситов накапливаются, наряду с другими элементами, редкие земли.

**16. Другие дополнительные источники извлечения попутных редкоземельных элементов.** В последнее время растет интерес к высокосульфидным рудам месторождений благородных, цветных металлов (Au, Ag, V, Zn,

Cu-Ni, Cr, Pt), в которых в отдельных случаях совместно с рудообразующими минералами установлены минералы, содержащие редкие земли — паризит, синхизит, бастнезит РЗЭ-ксенотим и др. Содержание РЗЭ в сульфидных рудах достигает 350–500 г/т и более. Кроме того, повышенные содержания РЗЭ — в отдельных генерациях сульфидных минералов. Золотоносные и золото-сереброносные руды месторождений Центральных Кызылкумов: Мурунтау, Мютенбай, Бесапан, Триада, Косманачи содержат редкоземельные металлы — от 97 (Бесапан) до 532 г/т (Триада) [11].

Отметим, что подобное изучение проведено крайне фрагментарно. При всей тщательности изучения особенностей рудогенеза золота в черносланцевых толщах редкоземельные элементы и платиноиды оказались практически вне поля зрения, несмотря на постоянное стремление к максимально полному выявлению полезных компонентов в рудах, к комплексному их извлечению. Кроме того, пристальное внимание следует уделить известным и неразрабатываемым гидротермальным, грейзеновым месторождениям флюорита ( $\text{CaF}_2$ ), олова, а также разным флюоритсодержащим образованиям, которые, как оказалось, содержат значительные концентрации редкоземельных элементов. В Узбекистане выявлены 2 основных типа флюоритовых месторождений и рудопроявлений: кварц-сульфидно-флюоритовый тип (Агата-Чибаргата, Наугискен, Суппаташ и др.) и флюорит-берилл-редкометалльные (Шабрез и др.), содержание РЗЭ в которых составляет порядка  $n \cdot 0,1\%$ . Целенаправленные работы по оценке их перспектив на редкоземельное сырье не проводились.

**17. Урановые месторождения «типа несогласия» с редкоземельной минерализацией.** К этому типу, как правило, относят месторождения урана, локализующиеся вблизи поверхности несогласия между ранне-среднепротерозойскими метаморфическими комплексами и перекрывающими их субгоризонтально залегающими, слабо метаморфизованными осадками верхнего протерозоя, согласно генерализованной геологической позиции, выявленной в районе Атабаска в Канаде и Арнемленд в Австралии. Высококачественные руды и их огромные запасы делают месторождения привлекательными. Характерно, что в последнее время такие объекты были выявлены в других районах мира (Карку в России, Фалеа в Мали, в Африке). В печати появляются отдельные сведения, указывающие на примеры аналогов Канадских месторождений, размещенных в значительно более молодых отложениях фанерозоя. Такая информация сильно сузила представления об исключительной приуроченности этого типа месторождений к определенной геологической провинции и определенному возрасту ( $\text{PR}_{1-2}$  и Rf-V) рудолокализации.

В связи с этим, было бы целесообразно оценить перспективы территорий Узбекистана на выявление уранового оруденения типа «несогласия», особо обратив внимание на взаимоотношения пород фундамента — поверхностей несогласия докембрийских (PR),

среднепалеозойских (S-D) и верхнепалеозойских (C-P) образований (вулканогенно-терригенных черносланцевых и карбонатных пород). Вопрос требует серьезной проработки.

На завершающей стадии исследований авторами проведено изучение широкого комплекса геологических условий размещения месторождений редкоземельных элементов в мире и сопоставление их с условиями размещения выявленных к настоящему времени аналогичных проявлений в Узбекистане. Результаты этой работы сведены в таблицу EXEL. Таблица состоит из 1175 клеток (блочков) систематизированной информации о 17 типах месторождений редкоземельного сырья, 52 рудно-формационных типах месторождений. Показать эту таблицу в оригинале в рамках этой статьи нет физической возможности (в читаемом формате  $2 \times 2$  м), поэтому она представлена здесь в сильно урезанном виде в табл. 4.

Таблица в оригинале состоит из 4 блоков: первый блок таблицы (столбцы 1–10) представляет сопоставление характеристик наиболее распространенных и значимых рудно-формационных типов месторождений редкоземельного сырья (в т. ч. содержащихся попутно) в мире и подобных рудопроявлений, выявленных в Узбекистане; второй блок (11–12) представляет поисковые признаки и различные специальные методы изучения, применяемые при поисках и разведке соответствующего типа месторождения в мире; третий блок (13–20) отражает применимость различных методов геологического изучения и их результативность относительно различных типов месторождений и рудопроявлений; в четвертом блоке (21–26) — информация о формах, размерах рудных тел и залежей, минералогии, полезных компонентах и промышленной значимости данного типа месторождений в мировой сырьевой базе редкоземельных элементов.

Сопоставление показывает (табл. 4), что из 17 генетических типов месторождений, представленных 52 наиболее продуктивными рудными и рудоносными формациями в мире, на территории Узбекистана к настоящему времени выявлены рудопроявления только 13 (76 %) генетических типов месторождений и пока только 22 вида (42 %) рудных и рудоносных формаций, которые требуют дальнейшего геологического изучения и экономической оценки.

#### **Основные выводы и рекомендации**

**1.** Дальнейшее изучение состояния проводимых исследований по редкоземельной тематике в Узбекистане требует решения двух важных задач:

— разработать программу последовательного и широкого проведения научно-исследовательских, тематических и поисковых работ на основе анализа и обобщения геологической информации по ранее выявленным проявлениям редкоземельных элементов и их возможным нетрадиционным источникам в республике, систематизировать имеющуюся информацию об условиях образования рудно-парагенетических ассоциаций и закономерностях их размещения, качественной и количественной характеристиках проявлений

Таблица 4

Сопоставление рудных и рудоносных формаций, типов месторождений редкоземельных элементов в мире и аналогичных объектов в Узбекистане

Номер	Тип месторождения	Количество	Подтипы месторождений (формация, рудная, рудовмещающая)	Название и местоположение типовых месторождений	Название аналогичного месторождения или рудопроявления в Узбекистане	Полезные компоненты	Промышленная значимость
1	2	3	4	5	6	8	9
1	Связанные с карбонатами	111	Магматические	Amba Dorgan: Индия; Okorusu, Намибия	Нет данных	Ln <sub>ce</sub> , Ln <sub>y</sub> , Nb, U, Zr	REE комплексные месторождения
			Пироклоровые карбонаты	Ока, Канада; Тапира, Араша, Бразилия	Нет данных	Nb, Y, Ln <sub>ce</sub> , Ta, U, Th, P	Крупные месторождения Nb и P (P3Э)
			Дайки и протяженные жилы	Kangakunde Hill, Malawi	Трубки взрыва Чагатайского комплекса	Ln <sub>ce</sub> , Th, Nb, Zr	Крупные месторождения P3Э цериевой группы
			Карбонатные породы замещения	Bayan Obo, Китай	Нет данных	Ln <sub>ce</sub> , Th, Nb, Zr	Крупные месторождения P3Э
			Метосоматические фениты	Magnet Cove, США; Kovdor, Russia	Нет данных	Ln <sub>ce</sub> , Ln <sub>y</sub> , Nb	Крупные месторождения P3Э цериевой группы
2	Скарны		Скарны	Saima, China; Леми-Каунти, США	Фазильман, Устук, Гатча	U, Th, Ln <sub>ce</sub> (Nb, Ta, Zr, V)	Средние месторождения U-P3Э типа
3	Связанные с щелочными породами	123	Магматические (щелочные)	Lovozero, Россия; Ilimaussaq, Гренландия	Четоу-Шавкатли, Карошохо, Кошмансай	Ln <sub>ce</sub> , Ln <sub>y</sub> , Nb	Источник россыпей P3Э
			Пегматиты (щелочные)	Khibina Massif, Kantozero, Россия	Пегматитовые поля Узбекистана	ПШ, слюда, U, Y, Ln <sub>y</sub> , Ln <sub>sm</sub>	Комплекс P3Э и редкие металлы
			Пегматиты (субщелочные)	Motzfeldt, Гренландия			
			Редкоземельные альбититы	Арыскан, Восточный Саян, Казахстан	Келинчек-Ташсай	Ln <sub>ce</sub> , Zr, Ti, Nb, U, Y	Значение зависит от масштаба
			Вулканические	Brockman, Австралия	Шавазсай, Иерташсай	Nb, Ta; P3Э, U, Th	Средние месторождения Ta и P3Э
Метосоматические	Кутессай II, Кыргызстан	Нет данных	Ln <sub>y</sub> , Ln <sub>sm</sub> , Nb, U, Th, CaF <sub>2</sub>	Важный промышленный тип P3Э(Y)			
4	Fe-оксидные + (Cu+Au)	4	Магнетит-апатитовые	Eagle Mountain, Алгома, США	Нет данных	Fe, Co, редкие земли	Крупные месторождения Fe и P3Э
			Гематит магнетитовые	Olimpic Dam, Австралия	Нет данных	Fe, Ln <sub>ce</sub> , Th, Nb, CaF <sub>2</sub>	Крупные месторождения Fe, P3Э и CaF <sub>2</sub>
5	Гидротермальные месторождения	65	Касситерит-вольфрамитовые	Тигриное, Иультин, Верхний, Каменистый, Россия	Лопано, Карнаб, Чангаллы, Курча и др.	Sn, W, Ln <sub>y</sub> , Mo, Nb	Sn-W месторождения с P3Э
			Барит-карбонатные тела	Mountain Pass, США	Нет данных	Ln <sub>ce</sub> , Th, Ba	Крупнейшие месторождения P3Э, Th и Ba
			Флюорит-барит-сидеритовые	Gallinas Mountain, США	Наугарзан, Шабрез, Суппаташ и др.	Fe, CaF <sub>2</sub> , Ba, TR, Y, U	Крупные месторождения P3Э, Fe, Y, CaF <sub>2</sub> , Ba
			Флюорит-барит-карбонатные	Иультин, Светлое (Чукотка)	Саргардон, Баркрак, ЧКР	Y, Th, Ln <sub>ce</sub> , Ln <sub>y</sub>	Крупные месторождения P3Э
			Магнетит-хлоритовые	Хапчеранга, Россия	Нет данных	Sn, Ln <sub>sm</sub> , Ln <sub>y</sub> , Mo, CaF <sub>2</sub>	Мелкие Sn-W месторождения с P3Э
			Кварц-серицитовые	Lemhi Pass, США	Нет данных	Th, Pb, Zn, Ln <sub>y</sub> , Sn, Mo	Крупные месторождения Pb-Zn P3Э

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	8	9
			Грейзены с монацитом	Калгутинское, Туртек, Россия	Нет данных	Ln <sub>γ</sub> , Be, W, Mo, Li, U, Bi	W-Mo бериллиевые с PЗЭ
			Кварц-монацитовые жилы	Steenkampskraal, Карагос, ЮАР	Нет данных	PЗЭ, Th	Крупные месторождения PЗЭ
			Вулкано-плутонические U	Стрельцовское, Аргуньское, Россия	Чаули, Алатаньга, Чоркесар и др.	U, Mo, PЗЭ, Th	Средние месторождения U с PЗЭ
			Черносланцевые с U-V	Шмирхау, Бервальде и др., Тюрингия	Джантуар, Косчека, Рудное и др.	U, V, PЗЭ, Th	Средние месторождения U с PЗЭ
6	Пегматиты	>50	Мусковитовые	Spruse Pine, США	Кахралисай, Уйшун, Кетменчи и др.	Ta, Nb, U, Th, Be, PЗЭ	ПШ, мусковита (PЗЭ)
			Ловчоррит-ринколитовые	Лавозеро, Хибины, Россия	Нет данных	Ln <sub>ce</sub> , Ln <sub>sm</sub> , Th	Богатые месторождения PЗЭ и тория
			Алланит-монацитовые	South Platte (Colorado), США	Нет данных	ПШ, слюда, Th, Ln <sub>ce</sub>	Источник для PЗЭ россыпей
			Пирохлор циркониевые	Октябрьское (Мазуровское), Украина	Нет данных	Nb, Ta, Zr, Ln <sub>ce</sub> , Ti	Мелкие месторождения ПШ, Nb и PЗЭ
			REE-гадолинитовые	Ytterby, Sweden; Ивеленд, Норвегия	Нет данных	Ln <sub>sm</sub> , Ln <sub>γ</sub> , Y, Be,	Мелкие месторождения Y и PЗЭ
			REE-гадолинит-фергюсонитовые	Wasau complex, Wiskonsin, США		Ln <sub>γ</sub> , Ln <sub>sm</sub> , Nb, U, Th, CaF <sub>2</sub>	Важный промышленный тип PЗЭ
7	Мо-порфиновые	13	«Climax type»	Climax, Henderson и Urud, Questa и Victorio, США	Нет данных	Mo, U, W, Pb, Sn, F, PЗЭ	Mo-W-Pb-Zn руды с PЗЭ
8	Метаморфизованные	2	Магматизированные гнейсы	Muzic Valley (California), США	Нет данных	PЗЭ	Важный тип месторождений PЗЭ
		4	Россыпи с монацитом	Витватерсранд, ЮАР	Нет данных	Ln <sub>ce</sub> , Th	Значение этого типа велико
		1	Ураноносные конгломераты	Mary Kathlen (Queensland), Австралия	Нет данных	U, Y, Ln <sub>γ</sub> , Th, Au, Ti	Крупнейшие U месторождения (PЗЭ-Au)
9	Стратиформные фосфаты	2	Платформенные, метаморфизованные и осадочные	Southeastdaho, США Чулак-Тау, Тьесай (PR), Меловое (Mz-Kz) Казахстан	Ташкура, Караката Джерой-Сардара, Жетымтау, Аяккудук	P, Ln <sub>ce</sub> (особенно Er, Tm, Yb, Sm) Th	При переработке фосфоритовых руд возможно извлечение редких земель
		1	Бокситы Fe-Th с фосфатами	Pocos de Caldes, Brazil	Нет данных	Fe, Al, Th, PЗЭ	PЗЭ извлекается попутно
		2	Карстовые бокситы с фосфатами	Красная шапочка, Россия	Карсовые бокситы Кара-Киясай	Al, Fe, P, U, Mn, Cu, PЗЭ	PЗЭ извлекается попутно
10	Гидрогенные	24	Зона пластового окисления	Вайоминг, Техас, США; Чу-Сарысуй	Учкудук, Сугралы, Тохумбет и др.	U, V, Re (Se, PЗЭ)	PЗЭ извлекается попутно
11	Россыпи, аллювиальные, морские береговые	264	Морские россыпи	Eneabba, Jangardup, Capel, WIM 150, Австралия	Шорбулакская (монацит) и др.	Ln <sub>ce</sub> , Th, Ti, Zr	Важнейший тип для PЗЭ и (Th, Ti и Zr)
		78	морские россыпи	Perak, Малайзия; Каролина и Horse Creek, США		Ln <sub>ce</sub> , Ln <sub>γ</sub> , Y, Th, Nb, Ta	Небольшие, богатые месторождения PЗЭ
			оловянные россыпи	Россыпные мегапровинции Америки, Австралии		Ln <sub>ce</sub> , Ln <sub>γ</sub> , Y, Sn, Th, Au, Ti, Zr	Важнейший промышленный тип

1	2	3	4	5	6	8	9
12	Палеороссыпи	—	Аллювиально-пролювиальные	Россыпные мегапровинции Америки, Австралии	Чоркесарский, Алтынтауский и др.	Ln <sub>ce</sub> , Ln <sub>y</sub> , Y, Sn, Th, Ti, Zr	Значения имеют крупные образования
		13	Метаморфизные с U+PЗЭ	Elliot Lake, Блайнд-Ривер, Канада	Нет данных	U, Y, Ln <sub>y</sub> , Th, Au, Ti	Крупнейшие U месторождения с PЗЭ
			Метаморфизные с Au-U-PЗЭ	Witwatersrand, ЮАР	Нет данных	U, Au, Y, PЗЭ, Th	Используются богатые участки:
13	Коры выветривания (латериты)	43	Каолиновые по гранитоидам	Kangankunde, Малави; Цзянци, Вай-Ан	Ангренское	Ln <sub>ce</sub>	PЗЭ извлекается попутно
			По карбонатитам	Mount Weld, Австралия; Томтор, Россия	Нет данных	Nb, P, Ln <sub>ce</sub> , Y	Крупные месторождения PЗЭ
			По субщелочным гранитам	Хоггар, Адрар, Ифорассов в Нигерии	Чоркесарский и Алтынтауский	Ln <sub>ce</sub> , Ln <sub>y</sub> , Y	Значение имеют при высоком содержании
			По нефелиновым сиенитам	Хибины, Чуктукон, Белозиминское	Нет данных	Ln <sub>ce</sub> , Ta, Fe, P, Mn, Sc	Труднообогатимые, но богатые руды с PЗЭ
14	Ионно-адсорбционные глины	>100	Реголиты кор выветривания гранитов	Longnan, Хунву, Китай Halls Creek, США	Коры выветривания в Кульд-Жуктау (Шурук, Дженгельди)	Ln <sub>y</sub> , редко Ln <sub>ce</sub>	Легко обогатимые руды. Основной источник добычи тяжелых PЗЭ
15	Каустобиолиты	5	Кустобиолиты с PЗЭ	Mulga rock, Австралия; Приморье	Ангренское, Шаргунь, Байсун и др.	C, углеводороды (TR)	Попутное извлечение PЗЭ из золы
16	Биоосадочные	4	Рабдофанит-черчитовые пески	Корнуэллб Виргинии (США)	Нет сведений	Ln <sub>ce</sub> , Y, Sc, Th, U	Комплексное использование на U, TR, Th
17	Бокситы	5	Бокситы с PЗЭ	Амангельда, Аркалык (Казахстан)	Кундаджуаз, Кайрак, Гулиоб и др.	Al (Y, Ln)	Извлечение PЗЭ попутно

PЗЭ элементов и возможных дополнительных источников редкоземельного сырья, определить основные факторы — основы для прогнозных построений для выделения первоочередных геологических позиций;

— составить карту размещения проявлений редкоземельных элементов на территории республики с прогнозом возможных рудоперспективных таксонов (СВК, районы, узлы, пояса, рудные поля и др.), дать предварительную характеристику для каждого выделяемого перспективного таксона или геологической позиции, обозначить ожидаемый тип месторождения, рудопроявления, рудной или рудоносной формации, виды, объемы, методы и сроки выполнения исследований.

2. Прогнозирование перспективных геологических позиций размещения редкоземельного оруденения по территории Узбекистана весьма затруднено вследствие недостаточности и неравномерности информации. По этой причине затруднительно и применение формализованных (компьютеризированных) методов прогноза.

В этих условиях необходимо прибегнуть к методу экспертной оценки, выделив основные факторы,

положенные в основу прогноза: наличие геологической среды — вещественного комплекса, такого как щелочные, субщелочные разновидности гранитных массивов (изучены более 120 магматических образований), особенности их залегания, наличие их штоков и даек, их лейкократовые разности и эффузивные аналоги, наличие даек аплитов, пегматитов, альбититов, контактовых изменений и скарнирования, грейзенизации, калишпатизации (микроклинизация), серицитизации, прямые признаки наличия минералов, несущих редкие земли (монацит, ксенотим, фергусонит, ортит, гадолинит, апатит, торит и др.), наличие известных рудных формаций и вышекларковых значений редких и редкоземельных элементов в породных образованиях, информация о попутных компонентах (PЗЭ) разрабатываемых и резервных месторождений и других, имеющих непосредственное отношение к редкоземельному рудообразованию.

Таким образом, в основу экспертной оценки взяты более 20 прямых и косвенных факторов, по наличию или отсутствию которых проведены выделение и разбраковка геологических позиций. Этот метод

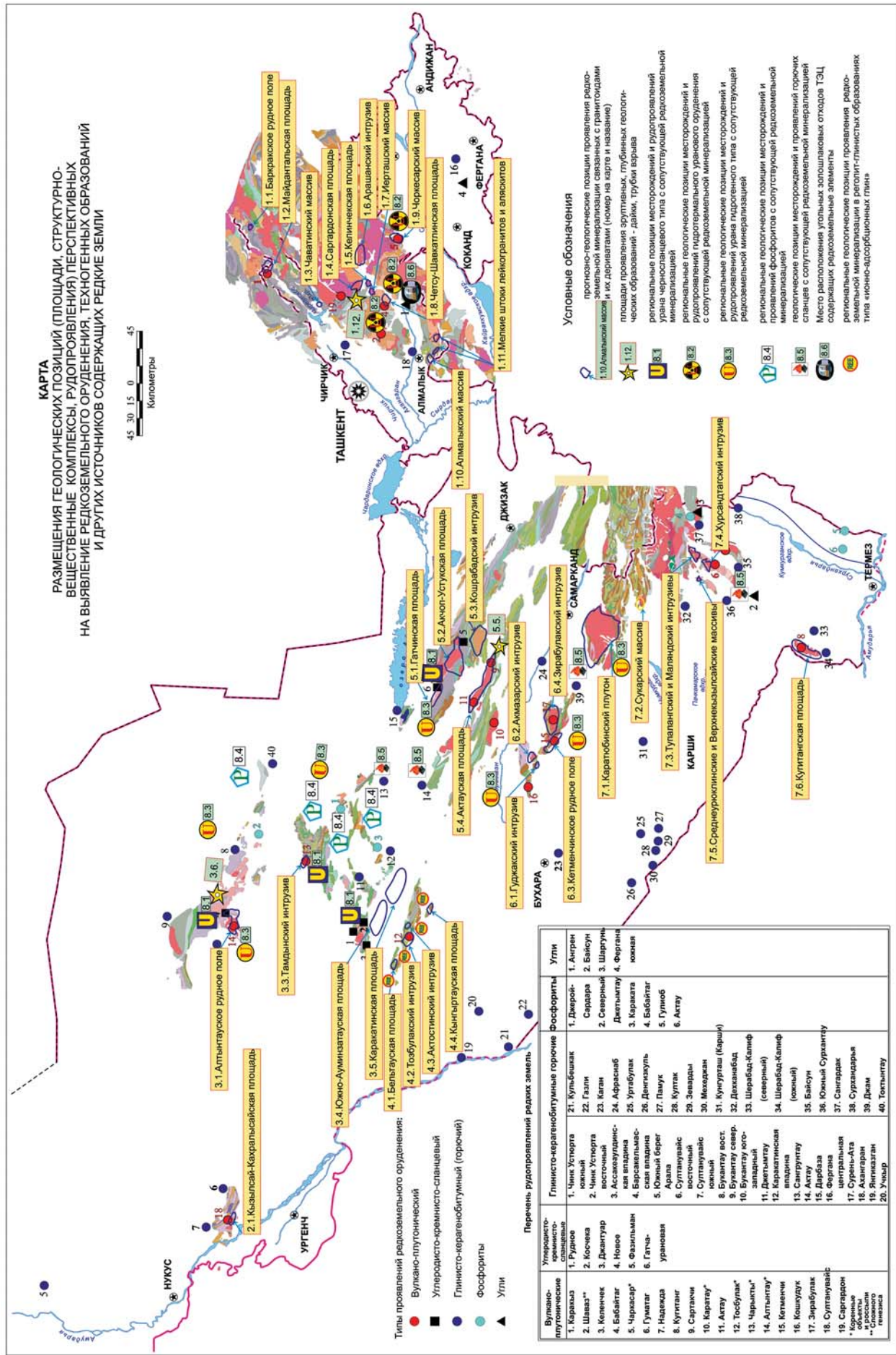


Рис. 4. Карта размещения геологических позиций, перспективных на выявление редкоземельного оруднения, техногенных образований и других источников, содержащих редкие земли

относится к региональному прогнозированию с использованием метода аналогии с простой экспертной оценкой значимости выделенных геологических позиций. В результате выделены 37 первоочередных геологических позиций (площадей), перспективных на выявление редкоземельных месторождений, которые представлены 18 рудными и рудоносными формациями, 12 — дополнительными геологическими позициями комплексных месторождений и техногенных источников, где редкие земли являются попутными компонентами. Результаты сведены в табличную форму, а перспективные геологические позиции визуализированы на схематической геологической карте Узбекистана (рис. 4).

Из 37 геологических позиций выделены: 12 — в Чаткало-Кураминском регионе (Баркрак, Майданталь, Чавата, Саргардон, Келенчек, Арашан, Иерташ, Четсу-Шавкатли, Чоркесар, Алмалык; аляскиты и лейкограниты северного склона Курамы и трубки взрыва, 1 в Султанувайсе (Кызылсай-Кохралысайская), 6 — в Центральных Кызылкумах (Алтынтау, Кокпатас, Тамды, Южно-Ауминзатау, Караката и трубки взрыва), 4 — в Кульджуктау (Бельтау, Тозбулак, Актости-Шайдараз и Кынгыртау), 5 — в горах Нуратау (Гатча, Устук, Кошрабад, Актау и трубки взрыва), 4 в Зирабулак-Зиаэтинских горах (Гуджак, Акмазар, Кетменчи и Зирабулак), а также 5 — в Южном Узбекистане (Каратюбе, Туполанг-Маянд, Хурсандтаг и Среднеурюкли-Верхнекызылсай).

3. 12 дополнительно выделенных источников, содержащих попутно редкие земли, представлены: месторождениями и рудопроявлениями урана черносланцевого типа (20 объектов), гидротермальными месторождениями урана (10 объектов), гидротермальными месторождениями флюорита и олова (12 объектов), урановыми месторождениями гидрогенного типа (более 40 объектов), рудопроявлениями ионно-адсорбционного типа (7 объектов), корами выветривания, россыпными месторождениями, техногенными отвалами и рудами благородных металлов, отходами производства фосфорных удобрений, переработки горючих сланцев и угольных теплоэнергетических станций, а также геологическими позициями урановых месторождений типа «несогласия», некоторые из которых отражены на карте.

4. Для всех выделенных перспективных геологических позиций тщательно определены виды, объемы и сроки выполнения тематических, научно-исследовательских и стадийных ГРП, минералого-петрографических, технологических (в т.ч. лабораторно-технологических) исследований; уточнено, каким комплексом геологических, геохимических, геофизических (в т.ч. аэрогеофизических, аэрогамма-спектрометрических) исследований рекомендуется проводить полевые работы.

5. Обозначенные перспективные позиции на комплекс РЗЭ, определяющие на сегодня в республике направленность геологических исследований по редкоземельной тематике, — это только самый первый

(предварительный) перечень площадей, обладающих комплексом благоприятных признаков для РЗЭ рудо-концентрирования, составленный на основе информации, накопленной ранее при проведении научно-исследовательских и полевых ГРП.

Нет никаких сомнений в том, что в процессе дальнейших исследований данный перечень будет неуклонно пополняться как за счет расширения перспектив объектов известных рудно-формационных типов РЗЭ, так и обнаружения нетрадиционно новых.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алимов, Ш.П. Перспективы обнаружения промышленных концентраций редкоземельных элементов в нижнемеловых толщах гор Кульджуктау, Узбекистан / Ш.П. Алимов, Л.М. Крикунова, У.А. Хафизов, М.М. Мирхамдамов // Руды и металлы. — 2019. — № 2. — С. 18–22.
2. Ахунджанов, Р. Петрогенезис и редкометаллоносность лейкогранитов (Чаткало-Кураминский регион, Западный Тянь-Шань) / Р. Ахунджанов, Р.Г. Юсупов, У.Д. Мамарозиков, С.С. Сайдыганиев, Г.М. Суондиқова // Геология и минеральные ресурсы. — 2007. — № 4. — С. 133–144.
3. Балашов, Ю.А. Геохимия редкоземельных элементов / Ю.А. Балашов. — М.: Наука, 1976. — 267 с.
4. Гинзбург, А.И. Геология месторождений редких элементов. Вып.3. Редкоземельные элементы и их месторождения / А.И. Гинзбург. — М.: Госгеолтехиздат, 1959. — 126 с.
5. Диваев, Ф.К. Чагатайский комплекс карбонатитов — новый тип магматических пород Узбекистана / Ф.К. Диваев // Узб. геол. журн. — 1996. — № 6. — С. 32–41.
6. Ежков, Ю.Б. Иттрий и редкоземельные элементы (Геолого-экономический обзор зарубежных публикаций) / Ю.Б. Ежков, Р.Р. Рахимов, И.В. Новикова. — Т.: ГП «НИИМР», 2011. — 91 с.
7. Колдаев, А.А. Мезозойские коры выветривания закрытого типа на территории Узбекистана / А.А. Колдаев // Мат-лы науч. конф, посвящ. 100-летию акад. Хабиба Абдуллаева: Современные проблемы связи геодинамики, магматизма и оруденения. — Т.: Фан, 2012. — С. 233–240.
8. Мамарозиков, У.Д. Петрогенезис и рудоносность фаялитовых онгонитов Чаткало-Кураминского региона (Западный Тянь-Шань) / У.Д. Мамарозиков // Мат-лы XI всеросс. петрограф. совещания: Магматизм и метоморфизм в истории земли. — Екатеринбург, 2010. — Т. II. — С. 42–43.
9. Мировой рынок редкоземельных металлов и соединений 2016. [www.metresearch.ru](http://www.metresearch.ru) // Аналитическое исследование. 2016. — 80 с.
10. Михайлов, В.А. Редкоземельные руды мира: геология, ресурсы, экономика / В.А. Михайлов. — Киев: Издательский центр «Киевский университет», 2010. — 223 с.
11. Проценко, В.Ф. Минерагенезия черносланцевых толщ / В.Ф. Проценко. — Т.: ГП «НИИМР», 2014. — 264 с.
12. Солодов, Н.А. Геологический справочник по тяжелым литофильным редким металлам / Н.А. Солодов, Е.И. Семенов, В.В. Бурков. — М.: Недра, 1987. — 438 с.
13. Скоробогатов, В.А. Основы теории формирования минерально-сырьевой базы газодобычи крупных регионов и компаний / В.А. Скоробогатов, Д.Я. Хабибуллин // Науч.-техн. сб. «Вести газовой науки». — 2018. — № 3 (35). — С. 58–71.
14. Турамуратов, И.Б. Состояние, направления и перспективы создания минерально-сырьевой базы редкоземельных элементов в Узбекистане / И.Б. Турамуратов // Геология и минеральные ресурсы. — 2012. — № 2. — С. 20–27.
15. Castor, S.B. Rare Earth Elements / S.B. Castor, J.B. Hedrick // Industrial Minerals and Rocks, 2003. — P. 769–792.

© Турамуратов И.Б., Ежков Ю.Б., Халилов А.А., 2020

Турамуратов Илхомбай Бекчанович // [turamuratov@mail.ru](mailto:turamuratov@mail.ru)

Ежков Юрий Борисович // [info@gpniimr.uz](mailto:info@gpniimr.uz)

Халилов Акмал Абдужалилович // [akmal.a.khalilov@gmail.com](mailto:akmal.a.khalilov@gmail.com)