

Код МРНТИ 52.31.51

Г.Ж. Жолтаев<sup>1</sup>, Г.Ж. Нуржанов<sup>2</sup>, \*К.С. Тогизов<sup>1</sup>, Д.Б. Муратханов<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан),  
<sup>2</sup>ТОО «Kazakhmys Barlau» (г. Караганда, Казахстан)

## ПЕРСПЕКТИВЫ ВОСПОЛНЕНИЯ ЗАПАСОВ И ОСВОЕНИЯ РЕДКИХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ В КАЗАХСТАНЕ

**Аннотация.** В статье рассматриваются перспективы восполнения запасов и освоения редких и редкоземельных металлов (РЗМ и РЗЭ) на территории Южного Казахстана с учетом геологических и минерагенических особенностей региона. Основное внимание уделяется ванадиевым черным сланцам Большого Каратау и фосфоритам Малого Каратау как источникам редких и редкоземельных металлов. Анализируются геологические предпосылки для выявления и разведки новых месторождений, а также оцениваются возможности их промышленного освоения. Отмечается важность комплексного подхода к геологоразведочным работам и необходимость разработки эффективной стратегии устойчивого использования минерально-сырьевой базы. Представленные материалы могут быть полезны при планировании и реализации государственной политики в сфере недропользования.

**Ключевые слова:** редкоземельные элементы, редкие металлы, ванадий, месторождения, геологоразведка, Южный Казахстан, Большой Каратау, Малый Каратау, фосфориты, черные сланцы.

### Қазақстандағы сирек және сирек жер металдары қорын қалпына келтіру мен игерудің болашағы

**Аннотация.** Мақалада Оңтүстік Қазақстан аумағындағы сирек және сирек жер металдарының (СЖМ мен СЖЭ) қорларын толықтыру және игеру перспективалары өңірдің геологиялық және минерагендік ерекшеліктерін ескере отырып қарастырылады. Негізгі назар Үлкен Қаратау ванадийлі қара тақтатастары мен Кіші Қаратаудың фосфориттеріне сирек және сирек жер металдарының көзі ретінде аударылады. Жаңа кен орындарын анықтау мен барлауға арналған геологиялық алғышарттар талданып, оларды өндірістік тұрғыда игеру мүмкіндіктері бағаланады. Геологиялық барлау жұмыстарына кешенді тәсілдің маңыздылығы мен минералдық-шикізат базасын тұрақты пайдаланудың тиімді стратегиясын әзірлеу қажеттілігі атап өтіледі. Ұсынылған материалдар жер қойнауын пайдалану саласындағы мемлекеттік саясатты жоспарлау мен іске асыруда пайдалы болуы мүмкін.

**Түйінді сөздер:** сирек жер элементтері, сирек металдар, ванадий, кен орындары, геологиялық барлау, Оңтүстік Қазақстан, Үлкен Қаратау, Кіші Қаратау, фосфориттер, қара тақтатастар.

### Prospects for replenishment of reserves and development of rare and rare earth metals in Kazakhstan

**Abstract.** The article examines the prospects for replenishing reserves and developing rare and rare-earth metals (RRMs and REMs) in the territory of Southern Kazakhstan, taking into account the geological and metallogenic features of the region. Particular attention is given to the vanadium-bearing black shales of the Greater Karatau and the phosphorites of the Lesser Karatau as sources of rare and rare-earth metals. The geological prerequisites for the identification and exploration of new deposits are analyzed, along with an assessment of the potential for their industrial development. The importance of an integrated approach to geological exploration and the need to develop an effective strategy for the sustainable use of the mineral resource base are emphasized. The presented materials may be useful for planning and implementing state policy in the field of subsoil use.

**Key words:** rare rare-earth elements, rare metals, vanadium, mineral deposits, geological exploration, Southern Kazakhstan, Greater Karatau, Lesser Karatau, phosphorites, black shales.

### Введение

Бурное развитие современных технологий в мире за последние десятилетия обусловило широкое использование редкоземельных элементов в самых разных отраслях промышленности. Они необходимы для производства высокотехнологических устройств, в том числе волоконной оптики, лазеров, сверхпроводников, катализаторов и в нефтеперерабатывающей промышленности и производстве пластмасс. Уникальные химические и физические их свойства обеспечивают высокую эффективность во многих промышленных процессах. Увеличивающийся спрос на редкоземельные элементы в мире ставит задачу создания устойчивой сырьевой базы для их производства в Казахстане.

Поэтому изучение и расширение сырьевой базы РЗЭ и совершенствование технологии их извлечения для Казахстана является одним из приоритетных направлений не только в геологических изысканиях, но и в экономическом развитии страны.

Целью нашей статьи является обращение внимания Правительства и компаний на новые объекты, по которым в перспективе имеются возможности восполнения и расширения запасов РЗЭ и на необходимых для развития инфраструктуры и современных технологий на действующих в Казахстане производственных предприятиях.

Из большого числа имеющихся объектов в Казахстане предметом рекомендации выбраны месторождения в Южном регионе, приуроченные к ванадиеносным и фосфо-

ритоносными рудам [1, 2, 3, 4, 5], где имеются производственные условия для добычи и переработки РЗЭ.

### 1. Краткая история изучения редкоземельных металлов в Казахстане

Первые сведения о высоких содержаниях РЗЭ (рения) на территории Казахстана были получены в 1941 году в молибденовых концентратах Балхашской обогатительной фабрики, перерабатывающей руды месторождения Кобырат в лаборатории рассеянных металлов «Гиредмет», было установлено, что месторождение Кобырат с содержанием 150 г/т относится к категории месторождений, богатых в мире руд, содержащих рений и на этой основе на Балхашском заводе было налажено промышленное производство рения. Казахстан стал одним из первых в мире производителей рения [6].

Наиболее крупные ресурсы рения приурочены к медистым песчаникам Жезказганской группы месторождений. Группой ученых Т.А. Сатпаева, Э.Е. Файн, М.К. Саптаева, С.К. Калинин и др. было доказано, что рений, попутно извлекаемый с медью, серебром, свинцом и цинком следует отнести к главным полезным компонентам руд и «что Жезказган нужно считать также месторождением рения» [6].

В период Советского Союза благодаря Иртышскому химико-металлургическому заводу, работавшему на привозном сырье из России, Бразилии, Австралии, Индии Казахстан стал в одно время крупным производителем РЗЭ,

потребителями которых были Россия, Япония, Германия, Швеция и США.

Это налаженное производство РЗЭ нарушилось с распадом Советского Союза и тогда наступило понимание о необходимости создания минерально-сырьевой базы собственных руд.

Благодаря усилиям геологов, месторождения РЗЭ выявлены во многих регионах республики. К примеру, известны в западных регионах месторождения Иргизское, Берсыксай в Мугоджарах, Меловое и Ауртас на Мангышлаке, на севере Кундыбай, Шок-Карагай и Обуховское, на востоке Верхнее Эспе, Юбилейное, в Центральном Казахстане Верхнее Кайракты, Жанет, Шубарколь, а на юге Баласаускандык, Курумсак, Жанатас, Коксу, Буденовское и др.

По результатам анализа геологической информации, проведенного в Институте геологических наук им. К.И. Сатпаева, можно заключить, что Казахстан обладает значительными перспективами для развития минерально-сырьевой базы РЗЭ [7, 8].

По признанию современников «К.И. Сатпаев придавал исключительное значение изучению, получению и использованию примесей редких и рассеянных элементов, содержащихся в минеральном сырье. При его непосредственном содействии были проведены исследования, которые привели к установлению крупных ресурсов редчайшего элемента рения и связанного с ним радиогенного изотопа осмия [6].

Предвидя возрастающий спрос на редкие и редкоземельные элементы в будущем, К.И. Сатпаев придавал большое значение на оснащение лаборатории Института дорогостоящими электронными микроскопами, рентгеновскими и изотопными установками и микроанализаторами. Он считал, что стоимость отдельных элементов-примесей рения, осмия, германия и др. будет значительно превышать цену основных компонентов руд меди, свинца, фосфатов и др.

Лидером в мире по запасам РЗЭ и технологии обработки этих элементов и основным поставщиком редкоземельного сырья на мировой рынок на (90%) является Китай.

Казахстан, обладая значительными ресурсами РЗЭ, имеет большой потенциал для расширения их сырьевой базы во исполнение Поручения Президента К.Ж. Токаева (рис.1).

## 2. Перспективы расширения ресурсной базы РЗЭ в Южном Казахстане

Учитывая степень геологической изученности по РЗЭ, по развитости производственных и технологических условий и методов их извлечения, на сегодня в первых рядах Южный-Казахстан, где достаточно хорошо изучены месторождения фосфорита, ванадия и урана, в составе руд которых наблюдается повышенное содержание РЗЭ, где имеются возможности ускоренной реализации Поручения Президента.

Важной задачей является выявление новых залежей РЗЭ, совершенствование методов их добычи и переработки, а также разработка эффективных стратегий по рациональному использованию.

### 2.1. Редкоземельно-ванадиевая группа месторождений

Месторождения ванадия связаны с ванадиеносной пачкой Курумсакской свиты, образовавшейся в раннем-среднем кембрии в условиях пассивной континентальной окраины в Каратау и Байконурской зоне Улытау. По данным С.Г. и Е.А. Анкиновичей [2, 4] ванадиеносная пачка имеет одинаковое внутреннее строение на всей площади ее распространения. В ее пределах выявлено два крупных (Баласаускандык и Курумсак) и ряд мелких месторождений ванадия (рис. 2). В рудах этих месторождений установлена прямая корреляционная связь между ванадием и редкоземельными элементами. Установлено, что кроме ванадия руды содержат повышенные содержания молибдена, урана, иттрия и рения. Концентрации редкоземельных элементов и элементов группы железа-ванадия имеют сингенетическое происхождение.

В первичных рудах Баласауыскандык содержатся (%):  $V_2O_5$  – 0,66,  $P_2O_5$  – 0,53,  $SiO_2$  – 65,2; в окисленных – соответственно 0,89, 0,73 и 77,5. В числе попутных компонентов установлены (%):  $Mo$  – 0,02,  $Cu$  – 0,03,  $Zn$  – 0,5,  $Pb$  – 0,008–0,02,  $Ge$  – 10–50 г/т,  $Ag$  – 4–10 г/т,  $Se$  – 10–150 г/т,  $Re$  – 5 г/т, редкоземельные элементы – 0,03–0,07% (в среднем 0,05%).  $Y$  (0,001–0,07%),  $Yb$  (до 0,005%) и  $La$  (до 0,007%) составляют 65–75%  $\Sigma$ РЗЭ. Меньше встречаются  $Er$ ,  $Ce$ ,  $Tb$ ,  $Lu$ ,  $Gd$ ,  $Ho$ ,  $Dy$  и  $Sm$ . Содержание  $Sc$  достигает 0,01%. Из платиноидов выявлены  $Pt$  и  $Pd$ , распределение которых по горизонту неравномерно. Максимум  $Pt$  – в кремнисто-углисто-глинистых сланцах (до 140 мг/т),  $Pd$  – во всех породах рудного горизонта, особенно в зоне окисления (до 400 мг/т) [2, 4, 9].

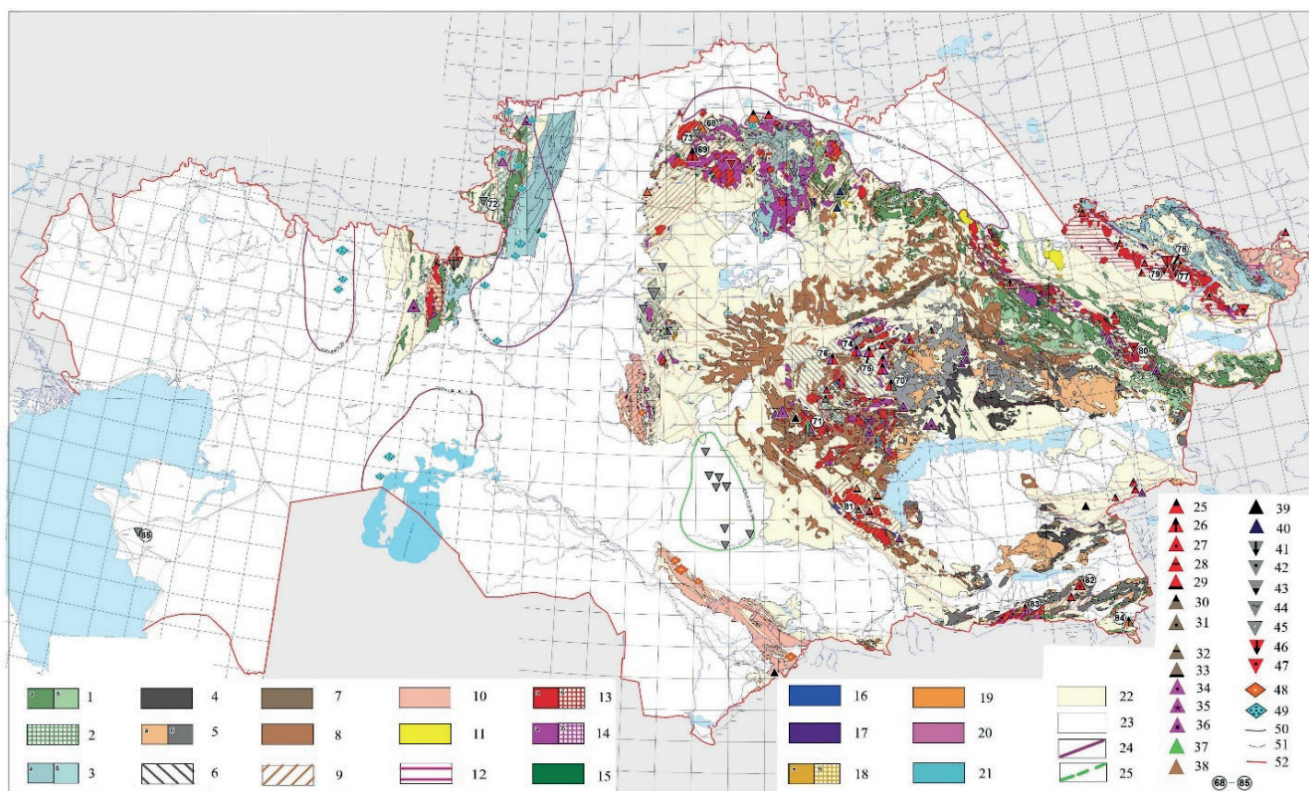
На месторождении Курумсак в составе рудного ванадиеносного горизонта выделено 10 рудных пачек. По месторождению среднее содержание редкоземельных элементов составляет 0,052%. Иттриевая группа элементов (туллий, гадолиний, иттрий, лютеций, европий и тербий) составляет 63–73% от общего содержания редких земель.

По ресурсам РЗЭ ванадиеносных горизонтов месторождений Курумсак и Баласаускандык, и с учетом повышенных содержаний в них редких земель их можно отнести к крупным редкоземельным месторождениям. Среди редких земель преобладают элементы иттриевой группы. Получение концентратов редких земель из ванадиевых руд зависит от технологии разработки этих месторождений на ванадий.

Рекомендуются проведение минералого-геохимических исследований ванадиеносных руд на определение закономерностей распределения редких земель на микро- и наноуровне и поисково-разведочные работы по флангам уже известных месторождений на выявление новых рудных тел, что, в свою очередь, позволит увеличить запасы месторождений.

### 2.2. Редкоземельно-фосфоритовая группа месторождений

Месторождения фосфоритов демонстрируют исключительно высокое обогащение REY (> 1000 г/т), особенно средне- (MREY) и тяжелые редкоземельные элементы (HREY). Фосфориты с таким высоким содержанием REY были обнаружены по всему миру и в различных геоло-



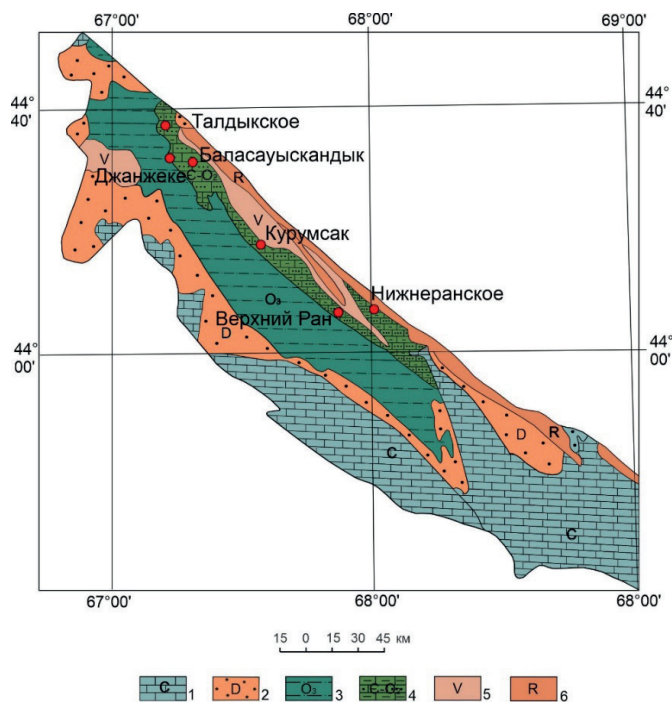
### Условные обозначения

1–3 – островные дуги: 1 – энсиалические раннего (а) и позднего (б) этапов развития, 2 – докембрийские нерасчлененные, 3 – энсиалические раннего (а) и позднего (б) этапов развития; 4–6 – позднепалеозойский краевой вулcano-плутонический пояс (впп): 4 – фронтальная и 5 – центральная область Р (а) и С (б) возраста, 6 – тыловой магматический пояс; 7–9 – девонский краевой впп: 7 – фронтальная и 8 – центральная область, 9 – тыловой магматический пояс; 10 – пассивные континентальные окраины; 11 – горячие точки; 12 – зоны коллизии: энсиалические; 13–21 – интрузии: 13 – граниты палеозойские (а) и докембрийские (б), 14 – гранодиориты, плагиограниты палеозойские (а) и докембрийские (б), 15 – диориты, 16 – габбро, 17 – ультрамафиты, 18 – сиениты палеозойские (а) и докембрийские (б), 19 – монзониты, 20 – субвулканические интрузии кислого состава, 21 – субвулканические интрузии среднего и основного состава; 22 – образования геодинамических обстановок малоперспективных на редкие металлы; 23 – мезозой-кайнозойский платформенный чехол; 24 – прибрежно-морские минерагенические комплексы платформенного чехла; 25–29 – месторождения вольфрама: 25 – грейзеновые, 26 – скарново-грейзеновые, 27 – альбититовые, 28 – жильные, 29 – скарноидные и скарновые; 30–33 – месторождения олова: 30 – грейзеновые, 31 – альбититовые, 32 – жильные, 33 – скарноидные и скарновые; 34–36 – месторождения молибдена: 34 – альбититовые, 35 – штокверковые, 36 – порфиоровые; 37 – гидротермальные месторождения висмута; 38 – гидротермальные месторождения бериллия; 39 – гидротермальные месторождения ртути; 40 – гидротермальные месторождения сурьмы; 41–45 – месторождения редких земель: 41 – пегматитовые, 42 – альбититовые, 43 – грейзеновые, 44 – элювиальные, 45 – осадочные; 46–47 – месторождения тантала и ниобия: 46 – пегматитовые, 47 – альбититовые; 48 – осадочные месторождения ванадия, 49 – титан-циркониевые россыпи; 50 – границы геодинамических обстановок; 51 – литологические границы, 52 – разломы. Месторождения: 68 – Сырымбет, 69 – Баян, 70 – Акшатау, 71 – Караоба, 72 – Кундыбай (Кондыбай), 73 – Шок-Карагай, 74 – Катпар, 75 – Верхнее Кайрақты, 76 – Коктенколь, 77 – Белогорское, 78 – Юбилейное, 79 – Ахметкино, 80 – Верхне-Эспинское, 81 – Майколь, 82 – Богуты, 83 – Юбилейное, 84 – Карагайлы-Актас, 85 – Ауртас

Рис. 1. Схема размещения месторождений и рудопроявлений РЗЭ Казахстана на геодинамической основе.

Сурет 1. Қазақстан аумағындағы сирек жер элементтерінің кенорындары мен кенбілімдерінің геодинамикалық негіздегі орналасу сызбасы.

Figure 1. Scheme of the distribution of rare earth element deposits and occurrences in Kazakhstan based on a geodynamic framework.



#### Условные обозначения

1 – карбонатные отложения карбона; 2 – девонские терригенные грубозернистые осадочные породы; 3 – верхнеордовикские серицит-хлорит-кварцевые сланцы, песчаники и конгломераты; 4 – углеродисто-кремнистые сланцы, песчаники и конгломераты кембрия – ордовика; 5 – конгломераты, песчано-сланцевые (с доломитами) отложения венда; 6 – основные и кислые эффузивы рифея

**Рис. 2. Геодинамическое положение ванадиевых месторождений в Каратау.**

**Сурет 2. Каратау аймағындағы ванадий кен орындарының геодинамикалық орны.**

**Figure 2. Geodynamic position of vanadium deposits in the Karatau region.**

гических эпохах, что указывает на огромный потенциал этих пород в качестве ресурса REY [10, 11, 12]. Редкоземельные элементы (REE) и иттрий (REY) концентрируются в морских фосфоритных отложениях во время их формирования, главным образом за счет ранних диагенетических процессов, при которых карбонаты замещаются карбонат-фторapatитом, который также осаждается в пустотах.

В Казахстане редкоземельные элементы связаны с пластовыми фосфоритами крупного по запасам Каратауского бассейна [1, 2, 4, 8]. Расположен в Жамбылской и Туркестанской областях, протягиваясь с юго-востока на северо-запад на 120x15–30 км. Открыто свыше 40 месторождений. Самые крупные: Жанатас, Кокжон, Коксу и Ушбас. Прогнозные ресурсы фосфоритов 5 млрд т по  $P_2O_5$  (15 млрд т руды), из которых разведанные составляют 562 млн т  $P_2O_5$  (2255 млн т руды). Эксплуатируемые объекты – Чулактау, Аксай, Жанатас, Кокжон и Тьесай – обеспечены связью с городом Тараз, включая железнодорожные

и автомобильные линии; на их долю приходится 88% разведанных запасов.

Каратауский фосфоритноносный бассейн расположен в складчатой зоне Южного Тянь-Шаня и приурочен к северо-востоку Малокаратауского антиклинория. Месторождения расположены вдоль прерывистых полос выхода фосфоритноносной серии. Она протягивается от первых километров до 20–40 км.

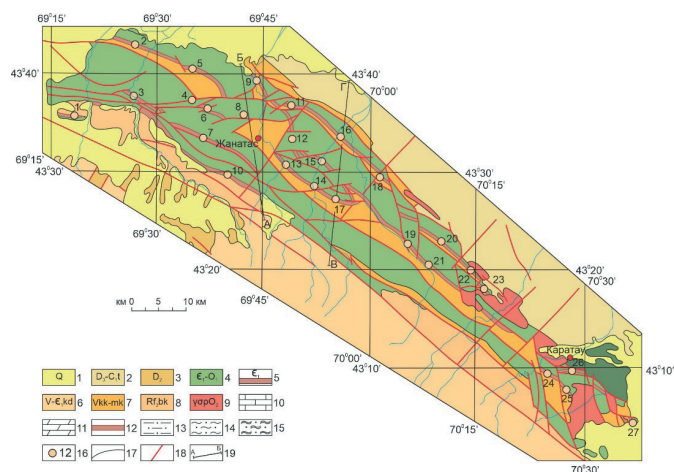
По своему геолого-генетическому типу месторождения отнесены к фосфоритам морского генезиса, связанным с нижнекембрийскими кремнисто-карбонатными формациями, сформировавшимися на пассивной континентальной окраине.

Основные фосфоритные месторождения приурочены к нижнекембрийской чулактауской свите, мощность которой варьируется от 15 до 120 м. Эта свита залегает трансгрессивно на различных уровнях туфогенно-осадочной малокартойской свиты венда и перекрывается карбонатными породами джиланской свиты ниже-среднекембрийского возраста (рис. 3).

Продуктивная карбонатно-кремнистая толща состоит из 3 основных горизонтов. В основании свиты на всем протяжении фосфоритноносного бассейна прослеживается горизонт «нижних» доломитов мощностью 2–20 м. На неровной поверхности доломитов залегает горизонт массивных плиточных кремней (до 2,5–20 м). Выше расположен фосфоритовый продуктивный горизонт. Он расчленяется пачкой фосфато-кремнистых сланцев на нижние и верхние фосфоритовые пачки. На фосфоритовом горизонте с размывом залегают железисто-марганцовистые доломиты (0,5–10 м). Строение свиты в целом однородное, однако на отдельных месторождениях наблюдаются снижение мощности слоев, местами их выклинивание, изменения в текстуре и структуре пород, варьирование гранулометрического состава, влияние тектонических процессов на пространственное залегание фосфоритноносных пластов.

Руды имеют простой минеральный состав и представлены двумя основными типами: редкоземельно-фосфорито-кремнистым и доломитовым железо-марганцевым, из которых промышленную ценность представляет лишь первый. В продуктивном горизонте один или несколько фосфоритных слоев чередуются с фосфатно-кремнистыми и фосфатно-известково-кремнистыми сланцами. Толщина продуктивного горизонта достигает 60 м, при этом суммарная мощность фосфоритных пластов составляет 30–35 м. Основную часть горизонта формируют пластовые фосфориты, среди которых выделяются пять промышленных типов руд: монофосфатные, карбонатные, кремнисто-карбонатные, карбонатно-кремнистые и кремнистые. Кремнисто-карбонатные руды содержат 30%, тогда как карбонатно-кремнистые 50% разведанных запасов.

Состав оолитово-микрозернистых руд включает: фосфорсодержащие (франколит, фторapatит) – от 40 до 66%, минералы кремнезема (халцедон, кварц) – 20–50%, карбонатные минералы (доломит, кальцит) – 10–25%. Примеси (алюмосиликаты, полевые шпаты) составляют 4–5%. Концентрация  $P_2O_5$  в рудных телах варьируется в пределах 10–30%. Повсеместно в фосфоритах отмечаются по-



### Условные обозначения

1–8 – отложения: 1 – четвертичные, 2 – верхнего девона – турнейского яруса нижнего карбона, 3 – среднего девона, 4 – кембрия-нижнего ордовика (джиланская свита), 5 – нижнего кембрия (чулактауская свита), 6 – венда – нижнего кембрия (кокджотская серия), 7 – венда (Коксуйская свита и малакаройская серия), 8 – верхнего рифея (Большекаройская свита); 9 – гранитоиды верхнего ордовика; 10–15 – типы пород: 10 – известняки, 11 – доломиты и доломитизированные известняки, 12 – фосфориты, 13 – кварцево-хлорит-серцитовые сланцы, алевролиты, полимиктовые песчаники, гравелиты кокджотской серии, 14 – кремнистые сланцы, алевролиты, филлиты, туфы, песчаники, прослои известняков и доломитов малокаройской серии и коксуйской свиты, 15 – полимиктовые и аркозовые песчаники, конгломераты, глинистые сланцы, известняки большекаройской свиты; 16 – месторождения фосфоритов (цифры в кружках): 1 – Баба-Ата, 2 – Ушбас, 3 – Герес, 4 – Архарлысай, 5 – Коксу, 6 – Акжар, 7 – Жанатас, 8 – Котырмас, 9 – Беркуты Северный, 10 – Кокжон, 11 – Батырбай, 12 – Дегерес, 13 – Беркуты, 14 – Карашат, 15 – Жылан, 16 – Актас, 17 – Жетыма, 18 – Алажар, 19 – Кыршабакты, 20 – Аксай, 21 – Тьесай, 22 – Шишлибулак, 23 – Тесиктас, 24 – Тамды, 25 – Арбатас, 26 – Шолактау, 27 – Жетимишкы; 17 – границы стратиграфических подразделений; 18 – тектонические нарушения; 19 – линии геологических разрезов

Рис. 3. Геологическая карта Каратауского фосфоритового бассейна (по Л.А. Мирошниченко и др.).

Сурет 3. Каратау фосфорит алабының геологиялық картасы (Л.А. Мирошниченко және басқалар бойынша).

Figure 3. Geological map of the Karatau phosphorite basin (after L.A. Miroshnichenko et al.).

вышенные содержания следующих попутных элементов, в г/т: *Y* (370–620), *Ce* (130–360), *La* (170–370), *V* (30–200), *Mn* (150–3500), *Ba* (200–1000). РЗЭ, а также фтор, входят в состав молекул фосфата.

Концентрация лантаноидов в рудах изменяется от 514,2 (Жанатас) до 884,2 г/т (Чулактау); суммарные запасы лантаноидов по бассейну составляют около 1300 тыс. т. Л.В. Фаворская (1994) отмечает, что редкие земли в фосфоритах представлены на 50% иттриевыми элементами.

На Жамбылском суперфосфатном заводе, где вырабатывают суперфосфаты, часть фосфоритов перерабатывается методом сернокислотной экстракции с получением аммофоса, при этом редкие земли на 38,4% переходят в раствор, где концентрация их составляет 0,23 г/л. Общее извлечение редких земель в конечный продукт из сульфатно-фосфоритных расходов составляет 28% [7]. На большинстве месторождений фосфориты залегают в непосредственном контакте с мощными слоями слабифосфатных кремнистых пород, которые также разрабатываются и применяются в электротермической переработке фосфоритовых руд.

Фосфоритовые пласты залегают с углом падения от 20–30° до 70–90°. Большинство выходят на дневную поверхность и доступны для открытой разработки. Однако основная часть запасов и ресурсов (около 80%) находится на глубинах более 150–200 м, что требует подземной формы отработки.

Промышленный интерес в Каратауском фосфоритовом бассейне представляют месторождения и рудопроявления Шолактау, Аксай, Коксу, Жанатас, Кокжон, Герес и Жылан, по результатам изучения которых значительно восполнятся запасы и расширится сырьевой потенциал страны по редким и редкоземельным элементам.

### Заключение

Во исполнение Поручения Президента РК К.Ж. Токаева, в свете возрастающей востребованности редкоземельных элементов в мире, возникает необходимость увеличения внимания Правительства и всех инвесторов этому сырью в РК для обеспечения прироста их запасов за счет поиска новых месторождений и целенаправленных исследований на известные.

Анализ геологических данных показал, что фосфоритовые месторождения Малого Каратау обладают значительным потенциалом для извлечения РЗЭ, особенно иттрия и тяжелых редкоземельных элементов. Кроме того, ванадиевые черные сланцы Большого Каратау представляют собой стратегически важный объект для добычи редкоземельных металлов, что может сыграть ключевую роль в развитии ресурсной базы региона.

В регионе также имеются разрабатываемые месторождения урана, обогащенные РЗЭ как подспорье при создании сырьевой базы в Южном регионе страны.

### Благодарность

Данная статья финансировалась Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по теме (ПЦФ № BR27199165) «Научное обоснование расширения и восполнения минеральных ресурсов приоритетных и критических полезных ископаемых – основа инновационного развития Казахстана».

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана. В 3 томах. Том 2. Металлогения / С.Ж. Даукеев, Б.С. Ужкенов, А.А. Абдулин, Л.А. Мирошниченко, Н.М. Жуков [и др.]. Алматы, 2002. 272 с. (на русском языке)
2. Геология и металлогения Каратау. В 2-х т. Том 2. Металлогения / А.А. Абдулин, Л.А. Мирошниченко, Н.В. Митряева, В.В. Овчинников [и др.]. Алма-Ата: «Наука» КазССР. 1987. 248 с. (на русском языке)
3. Металлогения Казахстана. Рудные формации. Месторождения руд редких металлов / А.А. Абдулин, А.К. Каюпов, В.Г. Ли, Г.Ф. Ляпичев [и др.]. Алма-Ата: «Наука» КазССР. 1981. 207 с. (на русском языке)
4. Б.С. Ужкенов, Г. Р. Бекжанов, Л.Б. Иванов. Редкие металлы и редкие земли Казахстана: Алматы, 2011. 277 с. (на русском языке)
5. Обзор состояния и перспектив развития производства ванадия в Республике Казахстан / С.К. Джуманқұлова [и др.] // Металлург. 2020. Т. 1 (64). С. 75–81 (на русском языке)
6. Файн Э.Е. Рений и радиогенный осмий в рудах Казахстана // Минерагения и перспективы развития минерально-сырьевой базы. Часть 2: сб. науч. ст. Алматы, Галым, 1999. С. 75–81 (на русском языке)
7. Губайдуллин Ф.Г., Лаумулин Т.М. Основные типы редкоземельных месторождений Казахстана // Минерагения и перспективы развития минерально-сырьевой базы. Часть 2: сб. науч. ст. Алматы, Гылым. 1999. С. 125–138 (на русском языке)
8. Жолтаев Г.Ж., Жуков Н.М., Антоненко А.А. Атлас месторождений твердых полезных ископаемых: Алматы, 2025 (на русском языке)
9. Микро- и наноразмерные минералы из ванадийсодержащих углеродисто-кремнистых сланцев северо-западного Каратау / Г.К. Бекенова [и др.] // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия геологическая и технических наук. 2017. Т. 3 (416). С. 40–55 (на русском языке)
10. Пафал Пир К., Ли А. Гроут. Осадочные и магматические фосфатные месторождения: формирование и разведка: приглашённый доклад // Экономическая геология. 2017. № 3 (112). С. 483–516 (на английском языке)
11. Редкоземельные элементы в осадочных фосфатных месторождениях: решение глобального кризиса РЗЭ / П. Эмбо [и др.] // Гондванские исследования. 2015. Т. 2 (27). С. 776–785 (на английском языке)
12. Факторы обогащения РЗЭ в раннекембрийских фосфоритах / Х. Чжан [и др.] // Геохимия и космохимия. 2022. Т. 324. С. 117–139 (на английском языке)

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Қазақстанның терең құрылымы мен минералдық ресурстары. 3 томдық. 2-том. Металлогения / С.Ж. Даукеев, Б.С. Ужкенов, А.А. Абдулин, Л.А. Мирошниченко, Н.М. Жуков [және т. б.]. Алматы, 2002. 272 б. (орыс тілінде)
2. Қаратаудың геологиясы және металлогениясы. 2 томдық. 2-том. Металлогения / А.А. Абдулин, Л.А. Мирошниченко, Н.В. Митряева, В.В. Овчинников [және т. б.]. Алматы: «Ғылым» ҚазКСР, 1987. 248 б. (орыс тілінде)
3. Қазақстанның металлогениясы. Рудалық формациялар. Сирек металдар кенорындары / А.А. Абдулин, А.К. Каюпов, В.Г. Ли, Г.Ф. Ляпичев [және т.б.]. Алматы: «Ғылым» ҚазКСР, 1981. 207 б. (орыс тілінде)
4. Б.С. Ужкенов, Г. Р. Бекжанов, Л.Б. Иванов. Қазақстанның сирек металдары мен сирек жер элементтері. Алматы, 2011. 277 б. (орыс тілінде)
5. Қазақстан Республикасындағы ванадий өндірісінің жай-күйі мен даму перспективаларының шолуы / С.К. Жұманқұлова [және т.б.] // Металлург. 2020. Т. 1 (64). Б. 75–81 (орыс тілінде)
6. Файн Э.Е. Қазақстан рудаларындағы рений және радиогенді осмий // Минерагения және минералдық-шикізат базасының даму келешегі. Бөлім 2: ғыл. мақ. жиыны. Алматы, 1999. Б. 75–81 (орыс тілінде)
7. Ғұбайдуллин Ф.Г., Лаумулин Т.М. Қазақстандағы сирек жер элементтерінің негізгі кенорындары // Минерагения және минералдық-шикізат базасының даму келешегі. Бөлім 2: ғыл. мақ. жиыны. Алматы, 1999. Б. 125–138 (орыс тілінде)

8. Жолтаев Г.Ж., Жуков Н.М., Антоненко А.А. Қатты пайдалы қазбалар кен орындарының атласы: Алматы, 2025 (орыс тілінде)
9. Солтүстік-батыс Қаратаудың ванадийлі көмір-кремнийлі тақтатастарындағы микро- және нановлшемді минералдар / Г.К. Бекенова [және т. б.] // Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының хабаршысы. Геология және техникалық ғылымдар сериясы. 2017. Т. 3 (416). Б. 40–55 (орыс тілінде)
10. Пафал Пейр К., Ли А. Гроут. Шөгінді және магмалық фосфат кен орындары: түзілуі мен барлауы: шақырылған мақала. Экономикалық геология. 2017. № 3 (112). Б. 483–516 (ағылшын тілінде)
11. Шөгінді фосфат кенорындарындағы сирек жер элементтері: Жаһандық СЖЭ дағдарысын шешу / П. Эмсбо [және т. б.] // Гондвана зерттеулері. 2015. Т. 2 (27). Б. 776–785 (ағылшын тілінде)
12. Ерте кембрийлік фосфориттердегі СЖЭ байыту факторлары / Х. Чжан [және т. б.] // Геохимия және космохимия. 2022. Т. 324. Б. 117–139 (ағылшын тілінде)

## REFERENCES

1. *Glubinnoe stroenie i mineral'nye resursy Kazakhstana. V 3 tomakh. Tom 2. Metallogeniya [Deep Structure and Mineral Resources of Kazakhstan. In 3 Volumes. Volume 2. Metallogeny] / S.Zh. Daukeev, B.S. Uzhkenov, A.A. Abdulin, L.A. Miroshnichenko, N.M. Zhukov [et al.].* Almaty, 2002. 272 p. (In Russian)
2. *Geologiya i metallogeniya Karatau. V 2-kh t. Tom 2. Metallogeniya [Geology and Metallogeny of Karatau. In 2 Volumes. Volume 2. Metallogeny] / A.A. Abdulin, L.A. Miroshnichenko, N.V. Mitryaeva, V.V. Ovchinnikov [et al.].* Alma-Ata: Nauka» KazSSR, 1987. 248 p. (In Russian)
3. *Metallogeniya Kazakhstana. Rudnye formatsii. Mestorozhdeniya rud redkikh metallov [Metallogeny of Kazakhstan. Ore Formations. Deposits of Rare Metals] / A.A. Abdulin, A.K. Kayupov, V.G. Li, G.F. Lyapichev [et al.].* Alma-Ata: «Nauka» KazSSR, 1981. 207 p. (In Russian)
4. *B.S. Uzhkenov, G. R. Bekzhanov, L.B. Ivanov. Redkie metally i redkie zemli Kazahstana [Rare Metals and Rare Earths of Kazakhstan],* Almaty, 2011. 277 p. (In Russian)
5. *Obzor sostojanija i perspektiv razvitija proizvodstva vanadija v Respublike Kazahstan [Overview of the State and Development Prospects of Vanadium Production in the Republic of Kazakhstan], S.K. Zhumankulova [et al.], Metallurg [Metallurgist].* 2020. V. 1 (64). 75–81 pp. (in Russian)
6. *Fajn Je.E. Renij i radiogenyj osmij v rudah Kazahstana [Rhenium and Radiogenic Osmium in the Ores of Kazakhstan], Mineragenija i perspektivy razvitija imneral'no-syr'evoj bazy. Chast' 2: sb. nauch. st. [Mineral Genesis and Development Prospects of the Mineral Resource Base. Volume 2: col. of sci. art.],* Almaty: Galym, 1999. 75–81 pp. (In Russian)
7. *Gubajdullin F.G., Laumulin T.M. Osnovnye tipy redkozemelunosnyh mestorozhdenij Kazahstana [Main Types of Rare Earth Element Deposits in Kazakhstan], Mineragenija i perspektivy razvitija mineral'no-syr'evoj bazy. Chast' 2: sb. nauch. st. [Mineral Genesis and Development Prospects of the Mineral Resource Base. Volume 2: col. of sci. art.],* Almaty: Gylym, 1999. 125–138 pp. (In Russian)
8. *Zholtaev G.Zh., Zhukov N.M., Antonenko A.A. Atlas mestorozhdenij tverdyh poleznyh iskopaemyh [Atlas of Solid Mineral Deposits],* Almaty, 2025 (In Russian)
9. *Mikro- i nanorazmernye mineraly iz vanadijsoderzhashhih uglerodisto-kremnistyh slancev severo-zapadnogo Karatau [Micro- and Nanoscale Minerals from Vanadium-Bearing Carbonaceous-Siliceous Shales of Northwestern Karatau], G.K. Bekenova [et al.], Izvestija Nacional'noj akademii nauk Respubliki Kazahstan. Serija geologicheskaja i tehnicheskikh nauk [Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geological and Technical Sciences].* 2017. V. 3 (416). 40–55 pp. (in Russian)
10. *Pufahl P.K., Lee A.G. Sedimentary and igneous phosphate deposits: formation and exploration: an invited paper // Economic Geology.* 2017. V. 3 (112). 483–516 pp. (in English)
11. *Rare Earth Elements in Sedimentary Phosphate Deposits: Solving the Global REE Crisis / P. Emsbo [et al.] // Gondwana Research.* 2015. V. 2 (27). 776–785 pp. (in English)
12. *Enrichment Factors of REEs in Early Cambrian Phosphorites / H. Zhang [et al.] // Geochimica et Cosmochimica Acta.* 2022. V. 324. 117–139 pp. (in English)

**Сведения об авторах:**

**Жолтаев Г.Ж.**, д.г.-м.н., профессор, гл. научный сотрудник Института геологических наук им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан), [g.zholtaev@satbayev.university](mailto:g.zholtaev@satbayev.university); <https://orcid.org/0000-0003-0167-0412>

**Нуржанов Г.Ж.**, д.т.н., профессор, заместитель председателя Правления по геологии и развитию ТОО «Корпорация Казахмыс» (г. Караганда, Казахстан), [ardakd777@mail.ru](mailto:ardakd777@mail.ru); <https://orcid.org/0009-0005-7316-8765>

**Тогизов К.С.**, Ph.D, ассоциированный профессор, заведующий лабораторией редких и редкоземельных металлов Института геологических наук им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан), [k.togizov@satbayev.university](mailto:k.togizov@satbayev.university); <https://orcid.org/0000-0002-4830-405X>

**Муратханов Д.Б.**, научный сотрудник лаборатории редких и редкоземельных металлов Института геологических наук им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан), [daulet.muratkhanov@satbayev.university](mailto:daulet.muratkhanov@satbayev.university); <https://orcid.org/0000-0001-8322-3311>

**Авторлар туралы мәліметтер:**

**Жолтаев Г.Ж.**, г.-м.ғ.д., профессор, Қ.И. Сәтбаев ат. геологиялық ғылымдар институтының бас ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан)

**Нуржанов Г.Ж.**, т.ғ.д. профессор, «Қазақмыс корпорациясы» ЖШС Геология және даму жөніндегі басқарма төрағасының орынбасары (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Тогизов К.С.**, Ph.D, қауым. профессор, Қ.И. Сәтбаев ат. геологиялық ғылымдар институтының сирек және сирекжер металдар лабораториясының меңгерушісі (Алматы қ., Қазақстан)

**Муратханов Д.Б.**, Қ.И. Сәтбаев ат. геологиялық ғылымдар институтының сирек және сирекжер металдар лабораториясының ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан)

**Information about the authors:**

**Zholtaev G.Zh.**, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Chief Researcher at the Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpaev (Almaty, Kazakhstan)

**Nurzhanov G.Zh.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Chairman of the Board for Geology and Development at Kazakhmys Corporation LLP (Karaganda, Kazakhstan)

**Togizov K.S.**, Ph.D, Associate Professor, Head of the Laboratory of Rare and Rare Earth Metals at the Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpaev (Almaty, Kazakhstan)

**Muratkhanov D.B.**, Researcher at the Laboratory of Rare and Rare Earth Metals at the Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpaev (Almaty, Kazakhstan)

XXXIV Международная специализированная выставка технологий горных разработок

# УГОЛЬ и МАЙНИНГ **РОССИИ** 2-5 июня 2026

XI Международная специализированная выставка

## НЕДРА РОССИИ

XVI Международная специализированная выставка

## ОХРАНА, БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА И ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

VII Специализированная выставка

## ПРОМТЕХЭКСПО



МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:  
Выставочный комплекс «Кузбасская ярмарка»,  
ул. Автотранспортная, 51, г. Новокузнецк,  
т: 8 (800) 500-40-42

ШИРЕ, ЧЕМ КУЗБАСС!  
ГЛУБЖЕ, ЧЕМ УГОЛЬ!

