

3. Садыков, Р.К. Нерудные полезные ископаемые для социально-экономического развития Бахчисарайского муниципального района Республики Крым / Р.К. Садыков, Е.В. Беляев // Промышленные минералы: проблемы прогноза, поисков, оценки и инновационные технологии освоения месторождений: Матер. междунар. науч.-практ. конф. 9–13 ноября 2015 г. — Казань: ЗАО «Издательский дом «Казанская недвижимость», 2015. — С. 279–282.

4. Буглак, Н.П. Возможность использования природного адсорбента «Бента» (Бентонит) в лечении и профилактике хронических интоксикаций ионами тяжелых металлов / Н.П. Буглак, В.С. Тарасенко, Н.В. Мирошниченко // Крымский терапевтический журнал. — 2010. — № 2. — Т. 2. — С. 337–339.

5. Хлебников, А.Н. Минерально-сырьевая база Крымского федерального округа / А.Н. Хлебников, С.В. Величко // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2014. — № 3. — С. 17–31.

6. Лебедев, Ю.С. Рентгенометрическое изучение глинистых минералов Керченского железорудного месторождения / Ю.С. Лебедев // Тезисы Первого совещания по рентгенографии минерального сырья. — Киев, 1959.

7. Обзор месторождений бентонитов УССР. — Трест «Днепрогеология». Харьков, 1971. — 142 с.

© Сабитов А.А., Беляев Е.В., Дудкин В.И., 2018

Сабитов Абрек Абдрахманович // root@geolnerud.net
Беляев Евгений Владимирович // bel@geolnerud.net
Дудкин Владимир Иванович // volodya1946@mail.com

УДК 553.64.041'06.12.004:546.791:631.85:622.277.3:577.4:(470.47)

Карпова М.И., Николаева М.В. (ФГУП «ЦНИИГеолнеруд»)

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ФОСФОРИТОВ ДЕТРИТ-КОСТНОГО ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННОГО ТИПА: ОБСТАНОВКИ ФОРМИРОВАНИЯ И ВОЗМОЖНОСТИ ОСВОЕНИЯ

Рассмотрены обстановки накопления месторождений и проявлений фосфоритов детрит-костного типа в майкопских отложениях (P₃–N1) Прикаспийского и Северо-Кавказского фосфоритоносных бассейнов. Руды относятся к комплексному фосфат-редкоземельно-урановому типу, легкообогащаемому для получения азотно-фосфорных удобрений, извлекаемых при получении целевого продукта — уранового концентрата. Экономически выгодной и экономически безопасной является их добыча методом скважинной гидродобычи (СГД). **Ключевые слова:** фосфориты, месторождение, формирование, освоение, геолого-промышленный тип, уран, удобрение, азотно-фосфорный, гидродобыча, майкопская, палеоген, неоген, Калмыкия.

Карпова М.И., Николаева М.В. (TSNIIgeolnerud)

DEPOSITS OF DETRITUS-BONE GEOLOGICAL-INDUSTRIAL PHOSPHORITES: THE ENVIRONMENT OF FORMATION AND THE POSSIBILITY OF DEVELOPMENT

The situation of accumulation of deposits and manifestations of detritus-type phosphorites in the maikop deposits of the Caspian and North-Caucasian phosphorite-bearing basins is considered. Ores belong to the complex phosphate-rare earth-uranium type, easily enriched for obtaining nitrogen-phosphorus fertilizers, extracted when obtaining the whole product — uranium concentrate. Economically profitable and economi-

cally safe is their production by well drilling. **Keywords:** phosphorites, deposit, formation, development, geological-industrial type, uranium, fertilizer, nitrogen-phosphorus, hydrodevelopment, maikop, paleogene, neogene, Kalmykia.

На территории Прикаспийского и Северо-Кавказского фосфоритоносных бассейнов установлены месторождения и проявления фосфоритов желвакового и детрит-костного геолого-промышленных типов (ГПТ). Все крупные и средние месторождения желваковых фосфоритов — Чилисайское, Алгинское, Покровское и другие располагаются в Актюбинском фосфоритоносном районе (Казахстан). В российской части бассейна известны лишь мелкие месторождения — Камышинское, Блявинское, Тарпановское и другие с суммарными запасами 15,1 млн т P₂O₅ по кат. A+B+C₁+C₂. Руды характеризуются низким качеством и трудной обогатимостью сырья для производства остродефицитных растворимых фосудобрений.

Потенциально активный фосфоритовый сырьевой потенциал региона связан с месторождениями и проявлениями легкообогащаемых комплексных фосфат-редкоземельно-урановых руд детрит-костного ГПТ морской органогенно-терригенной формации (P₃ — N₁). Последняя соответствует майкопской серии, широко развитой в пределах Скифско-Туранской плиты и западных районах Прикаспийской синеклизы. Ее основу составляют глины (мощность 100–670 м) с рассеянными или сгруженными в слои и горизонты иско-

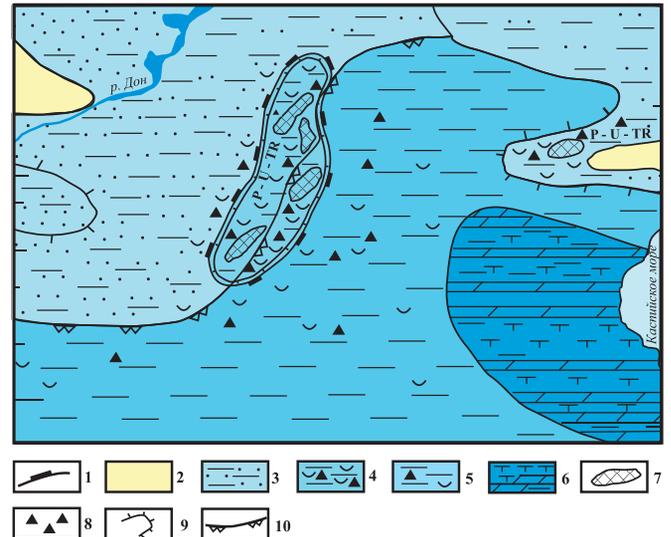


Рис. 1. Фациально-палеогеографическая модель позднеолигоценового Волго-Донского сегмента Паратетиса: 1 — граница Ергенинского фосрайона; 2 — суша; 3–6 — фациальные зоны позднеолигоценового палеобассейна: 3 — прибрежно-мелководная и мелководно-морская (глины алевролитовые с прослоями песков и песчаников); 4 — переходная от мелководно-морской к относительно глубоководной — зона развития фосфат-редкоземельно-уранового оруденения (фации «рыбной свиты» — глины пиритизированные с прослоями и линзами костного детрита рыб); 5 — относительно глубоководная (глины пиритизированные с рассеянным костным детритом рыб); 6 — субатлантичная глубоководная котловина (глины известковые с прослоями мергелей); 7 — залежи костного детрита рыб (фосфат-редкоземельно-урановых); 8 — пирит; 9 — конседиментационные поднятия; 10 — крутой уступ дна

паемыми остатками рыб. К настоящему времени на территории Российской Федерации в Республиках Калмыкия, Карачаево-Черкесия, Ставропольском крае, Астраханской области насчитывается 16 мелких месторождений, более 40 проявлений и точек минерализации. Государственным балансом «Фосфоритовые руды» их запасы — 15,9 млн т P_2O_5 (кат. А+В+С₁ — 1,81; С₂ — 3,47; забалансовые — 10,62) не учтены. На урановый государственный баланс приняты запасы Степного и Багабурульского месторождений (млн т P_2O_5 ; кат. А+В+С₁ — 1,81; кат. С₂ — 3,47; забалансовые — 10,62); урановые и фосфоритовые запасы Богородского и Шаргадыкского месторождений утверждены ТКЗ (млн т P_2O_5 ; кат. А+В+С₁ — 0,64; С₂ — 0,799; забалансовые — 0,546). Запасы и прогнозные ресурсы остальных объектов являются авторскими.

Залежи костного детрита рыб установлены во многих районах развития майкопской продуктивной формации Скифско-Туранской провинции, но главная их масса сосредоточена в двух фосфоритоносных районах — Мангышлакском Устьуртского фосбассейна (Казахстан) и Ергенинском Северо-Кавказского фосбассейна (Россия) [3]. В их пределах рудные тела формировались практически одновременно и имеют много общих черт в составе и строении [6, 7, 10, 11]. Ергенинский фосрайон (площадью в 6300 км²) находится на юго-западе Республики Калмыкия на границе с Ростовской областью. В тектоническом отношении он расположен в пределах крыжа Карпинского и вписывается в Элистинский блок. Последний на платформенном этапе геологической истории крыжа характеризовался конседиментационным развитием с образованием системы палеоподнятий, включая Центрально-Ергенинское, которое служило динамическим макробарьером рудонакопления. Обстановки благоприятные для фосфат-редкоземельно-уранового рудообразования существовали здесь в течение всего олигоцен-неогенового периода развития Восточного Паратетиса [4], но его максимум соответствует позднеолигоценному времени (рис. 1). Основной объем его составляет калмыцкая свита (мощностью до 400–500 м) с промышленными скоплениями костного детрита рыб (рис. 2). Рудные тела представлены маломощными (первые метры, десятки сантиметров), но протяженными залежами с пластовой или пластово-линзовидной морфологией. Нижнемиоценовая часть разреза формации представлена песчано-алевритовыми глинами арадыкской и

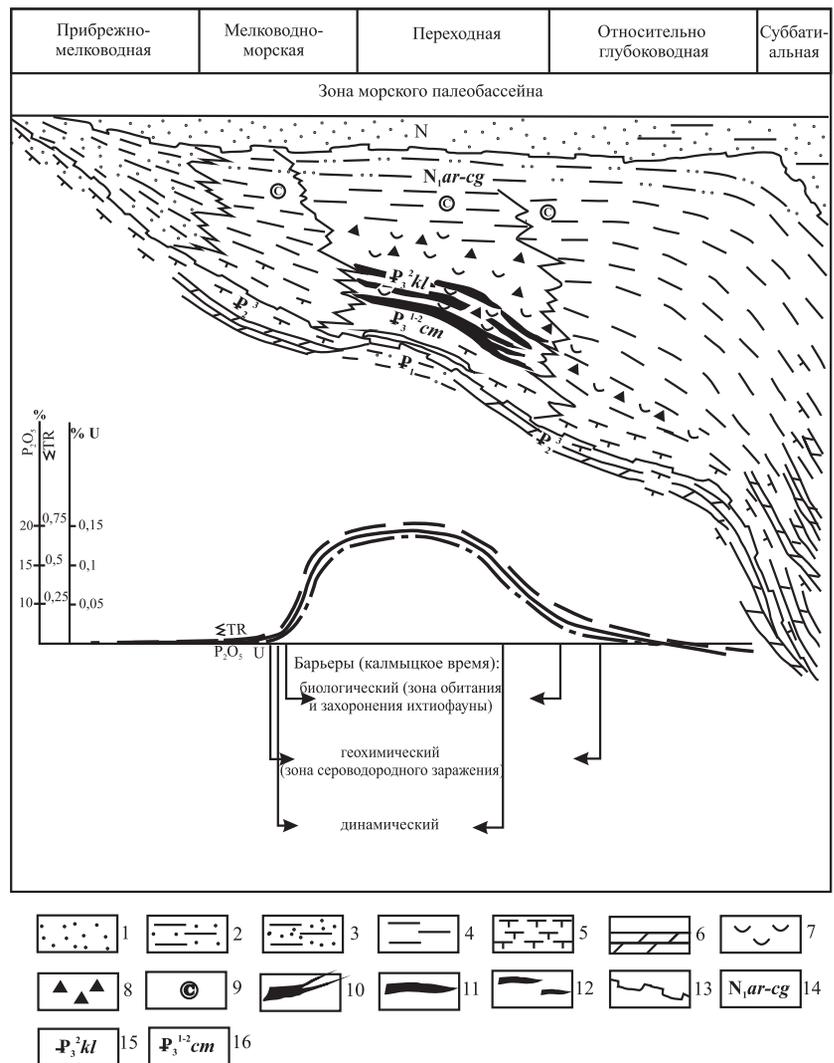


Рис. 2. Литолого-фациальная модель продуктивной органогенно-терригенной формации Ергенинского фосфоритоносного района: 1 — пески и песчаники; 2 — глины алевритовые; 3 — глины с прослоями песков и алевритов; 4 — глины; 5 — глины известковистые; 6 — мергели; 7 — рассеянный костный детрит рыб; 8 — пирит; 9 — конкреции сидерита; 10–12 — залежи фосфат-редкоземельно-урановых руд: 10 — пластовые с расщепляющейся морфологией, 11 — пластово-линзовидные, 12 — линзовидные; 13 — границы продуктивной формации; 14–16 — стратиграфические подразделения продуктивной формации: 14 — нижний миоцен, арадыкская и цаганхакская свиты; 15–16 — верхний олигоцен: 15 — калмыцкая свита («рыбные» слои), 16 — цимлянская свита

цаганхакской свит, которые перекрываются кварцевыми песками ергенинской свиты неогена [5].

Региональная фациально-палеогеографическая ситуация в майкопском палеобассейне Волго-Донского региона Паратетиса определялась развитием в области Среднего Каспия глубоководной котловины, ограниченной по периферии четко выраженными уступами [9] (рис. 1). В раннем олигоцене здесь отлагались относительно глубоководные глинистые илы. Внешнее обрамление этой области обозначено субширотными Черноземельской и Ергенинской «барьерными» системами палеоподнятий, где в достаточно хорошо аэрируемых приповерхностных водах — биогенных барьерах — происходило огромное прижизненное скопление рыб, периодическая массовая их гибель в зонах сероводородного

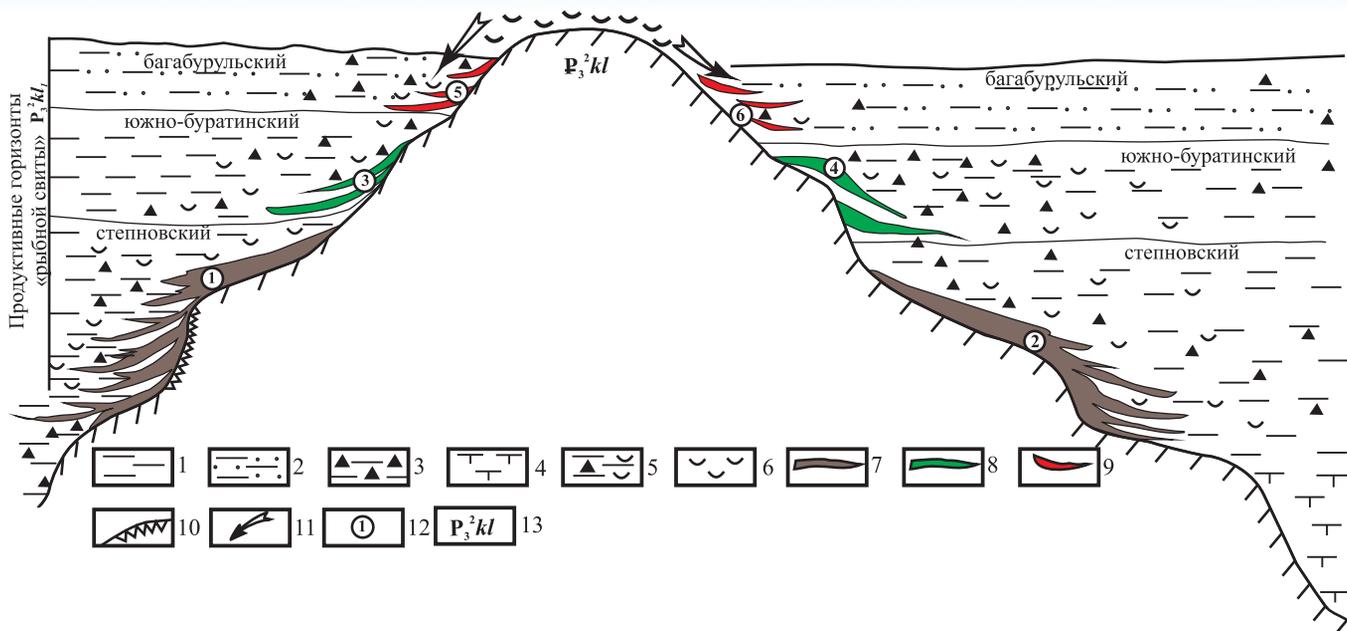


Рис. 3. Локальная прогнозно-поисковая модель месторождений детрит-костного геолого-промышленного типа: 1 — глины (γ -акт. < 20 мкр/ч); 2 — глины алевритовые (γ -акт. < 20 мкр/ч); 3 — глины пиритизированные (γ -акт. 20–40 мкр/ч); 4 — глины известковистые (γ -акт. < 20 мкр/ч); 5 — глины детритистые пиритизированные (γ -акт. 45–100 мкр/ч); 6 — место обитания ихтиофауны, захоронения их костных остатков, перемыва и сноса на склоны поднятия; 7–9 — залежи костного детрита рыб (γ -акт. до 1000 мкр/ч): 7 — пластовые, расщепляющиеся по типу «конского хвоста», руды бедные высокосернистые, $U = 0,03–0,05$, 8 — линзовидно-пластовые, руды высоко-среднефосфатные, $U = 0,032$, 9 — линзовидные и мелко-линзовидные, руды высокофосфатные, $U = 0,088$; 10 — уступ морского дна; 11 — направление сноса костного детрита рыб; 12 — цифры в кружке — типовые месторождения: 1 — Степное, 2 — Центральное, 3 — Северо-Харабулукское, 4 — Нугринское, 5 — Богородское, 6 — Багабурульское, 13 — калмыцкая свита («рыбные» слои)

заражения и захоронение ихтиофауны с образованием маломощных (первые метры, десятки сантиметров), но протяженных на многие километры рудных тел. Наиболее ранние залежи сформировались на южном склоне Черноземельского поднятия. В позднем олигоцене на фоне опускания дна морского бассейна сероводородная зона подступает к основным сооружениям Ергеней [4], где в пределах архипелага низких островов и банок осуществлялось накопление промышленных концентраций костного детрита рыб, сопровождающееся интенсивной урановой и сульфидной минерализацией.

Фосфатным компонентом руд является костный детрит — обломки скелета, зубов и чешуя рыб, количество которого меняется от первых процентов до 60–75 %, т.е. до образования детритита — природного концентрата с сульфидно-глинистым поровым цементом. Содержание пирита и (или) мельниквит-пирита варьирует от 10 до 60 %; гидрослюд и других глинистых минералов — 30–60 % (в детрититах до 5–10 %).

Химический состав руд, %: P_2O_5 — 3,9–17,8; Al_2O_3 — 3,5–9,98; $S_{пир.}$ — 5–16; U — 0,03–0,16; ΣTR — 0,18–0,7; костного детрита (класс +1мм) — CaO — 46,48; P_2O_5 — 31,76; CO_2 — 3,8; SO_3 — 2,41; $S_{пир.}$ — 1,72; F — 2,75; $C_{орг}$ — 1,82; Al_2O_3 — 0,18; U — 0,1–0,31; ΣTR — 0,7–1,43; H_2O — 5,38 [1, 8, 10]. Фосфат кальция по составу близок гидроксилсодержащему фторкарбонатапатиту, насыщенному ураном, скандием, иттрием, всеми лантаноидами (кроме прометия) и другими биофильными элементами. Концентрация урана и редких земель зависит от размера обломков, их агрегатного состояния, степени минерализации и др. Максимум концентра-

ции свойственен костному детриту песчано-алевритовой размерности пористой текстуры, окрашенному за счет примеси органики в темно-серый почти черный цвет. Рудные тела имеют гамма-активность до 1000 мкр/ч и сопровождаются обычно ореолами рассеяния костного детрита с гамма-активностью 45–100 мкр/ч. За пределами «ореола рассеяния» радиоактивность вмещающих пород не превышает 20 мкр/ч. В сульфидах железа в количестве до сотых долей % накапливаются Ni, Co, Mo, Cu, Pb, Zn, As.

Рудные залежи располагаются на разных временных уровнях нижней «рыбной подсвиты» калмыцкой свиты (снизу): степновском, южнобуратинском, багабурульском (рис. 3). Для первого степновского этапа, свойственны крупные низкофосфатные (P_2O_5 — 8–9 %, ср. 4,97 %), высокосульфидные, ураноносные залежи (U 0,03 — 0,05 %) относительно глубоководного типа с расщепляющейся по типу «конского хвоста» морфологией. Длина залежи до 11 км, ширина — до 2,5 км; количество рудных пластов — 1–3 общей мощностью до 6,75 м (месторождения Степное, Центральное) (таблица). На южнобуратинском этапе размер залежей с доминирующей пластово-линзовидной морфологией уменьшается до 1 км в длину и 0,8 км в ширину. Мощность рудных тел составляет 0,5 м (ср.), содержания P_2O_5 варьируют от 3,6 до 10,6 % (месторождения Яшукульско-Троицкое, Северо-Харабулукское и др.). На позднем багабурульском этапе рудная залежь состоит из мелколинзовидных тел (от 4 до 13) протяженностью 0,4–1,2 км, мощностью 0,2–0,85 м (ср. 0,4 м). Высоко-, среднефосфатные руды (P_2O_5 — 17–23 %) ло-

кализованы в основании залежи; низкофосфатные ($P_2O_5 < 7\%$) и менее ураноносные — в ее кровле (Багабурульское месторождение). Заключительный этап рудообразования вновь характеризуется формированием руд относительно глубоководного типа — высокосернистых и низкофосфатных. Таким образом, образование промышленных концентраций фосфат-металлоносного костного детрита рыб обусловлено возникновением и совмещением барьерных фаций: биологических, геохимических и динамических (рис. 2). Во времени и пространстве развивалось масштабное рудонакопление по «трансгрессивному»

типу со смещением («наползанием») рудных пластов вверх по склону конседиментационного Центрально-Ергенинского поднятия, а к концу рудного этапа — к его сводовым частям. Это поднятие в палеогеографическом отношении представляло собой плоскую сушу с прилегающим мелководьем, подводными банками-отмелями и благоприятными обстановками для прижизненного скопления ихтиофауны. Отложения степновского времени соответствовали времени развития калмыцкой трансгрессии. Отмирающие остатки рыб подвергались дроблению в условиях сравнительно активной гидродинамики и выносились течением на

Основные геолого-промышленные параметры рудных (продуктивных) горизонтов детрит-костного ГПТ Ергенинского фосрайона Северо-Кавказского фосбассейна

Параметры	Содержание		
	Продуктивные горизонты калмыцкой («рыбной») свиты (P_3^2 kl)		
	степновский	южно-буратинский	багабурульский
Морфология рудной залежи:	пластовая расщепляющаяся	линзовидно-пластовая и расщепляющаяся	линзовидно-пластовая
длина, км	11	0,5–1,0	0,4–1,2
ширина, км	0,4–2,5	0,8	0,05–0,7
площадь, км ²	18	2,2–41,7 (ср. 15)	0,38
количество рудных тел	1–3	1	4–13
мощность, м	0,33–6,75 (ср. 0,75–1,53)	0,17–0,9 (ср. 0,5)	0,2–0,85 (0,4)
Мощность вскрыши, м	170–1000	198–292	35–190 (0–190)
Минеральный состав руд, %:			
фторкарбонатапатит	10–30	15–41	45
пирит (мельниковит-пирит)	35	18	15
глинистые минералы	42–45	42–68	37
кальцит	0–3	2,8	—
Химический состав руд, %			
P_2O_5	8–9 (ср. 4,97)	ср. 3,58–10,6	9,6–18,0 (ср. 15)
S общ.	12,32	—	—
S сульфид.	—	4,99	15
Σ TR	0,15–0,23	0,45	0,36–0,52
U	0,03–0,05	0,032	0,088
концентрата +1 мм:			
P_2O_5	до 32		
S пир.	1,7		
Σ TR	0,7–1,18		
U	0,1–0,3		
Обогатимость	легко обогащаются гидроциклонированием		
Запасы, млн т P_2O_5			
кат. А+В+С ₁	1,17	0,77	0,042
кат. С ₂	0,36	0,12	—
забалансовые	0,36	—	—
Прогнозные ресурсы кат. Р ₁ , млн т P_2O_5	2,36	—	—
Группа сложности объекта	I–III	II–III	II
Типовые (эталонные) объекты	Степное Центральное	Нугринское Северо-Харабулукское	Багабурульское Богородское

склоны поднятия, где в относительно глубоководной обстановке формировались наиболее крупные скопления фосфат-редкоземельно-урановых руд. Осадки южнобуратинского и багабурульского времени несут черты более мелководной обстановки и многократных переминов костных остатков, что обеспечивало вовлечение последних в затухающий процесс калмыцкого рудообразования [2].

Руды охарактеризованных выше месторождений легко обогащаются методом гидроциклонирования. Концентрат +1 мм содержит (%): P_2O_5 до 32; $S_{\text{пир.}}$ — 1,7; U — 0,1–0,3; Σ TR — 0,7–1,18. Длительное время фосфат-редкоземельно-урановые руды Мангышлакского фосрайона являлись в быв. СССР одним из основных источников получения урана, редкоземельного концентрата и минеральных удобрений.

Утилизация из них фосфата кальция в виде фосудобрений целесообразна только в качестве попутного компонента, извлекаемого при получении целевого продукта — уранового концентрата [1]. Сдерживающими факторами для освоения российских месторождений являются: сложные горно-геологические условия большей части объектов, отвечающие II–III группам сложности; малые запасы полезных компонентов; преобладающая глубина залегания рудных тел более 30 м, исключающая возможность отработки открытым способом (таблица). Только два месторождения — Шаргадыкское и Богородское пригодны для этой цели. Перерабатываемыми предприятиями может быть получено в этом

случае из 600 тыс. т добытой руды: 150 т/год U; 1000 т/год Σ TR; 60 тыс. т P_2O_5 . Однако наиболее экономически выгодной и экологически безопасной представляется добыча руд большинства ергенинских объектов методом СГД. Согласно предварительным расчетам в этом случае срок окупаемости капитальных вложений в организацию предприятия производительностью 500 тыс. т руды/год (100 тыс. т P_2O_5) и перерабатывающего гидрометаллургического завода составит 4–5 лет [1]. Потребителями азотно-фосфорных удобрений могут стать сельхозпредприятия не только Республики Калмыкия, но и сопредельных субъектов РФ, входящих в Южный и Северо-Кавказский федеральные округа: Ростовская, Волгоградская, Астраханская области, Ставропольский край, Республика Дагестан и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бембеев, В.Э. Нетрадиционный тип фосфатного сырья на территории Республики Калмыкия / В.Э. Бембеев, Б.С. Хулхачиев, В.В. Красных, В.В. Шелховской, А.С. Столяров, С.И. Ануфриева, Н.В. Петрова, В.М. Гонюх, В.Г. Чайкин // Разведка и охрана недр. — 2003. — № 1. — С. 29–32.
2. Коченов, А.В. Проблема генезиса марганцевых и уран-редкометаллических руд майкопской формации / А.В. Коченов, А.С. Столяров // Литология и полезные ископаемые. — 1996. — № 2. — С. 182–195.
3. Минерагеническая карта СССР. Фосфатное сырье. Масштаб 1:2 500 000. Объяснительная записка / Под ред. А.С. Михайлова. — Л., 1985.

4. Попов, С.В. История Восточного Паратетиса в позднем эоцене — раннем миоцене / С.В. Попов и др. // Стратиграфия. Геологическая корреляция. — 1993. — Т. 1. — № 6. — С. 10–39.
5. Семенов, Г.И. Вопросы стратиграфии майкопских отложений Волго-Донского региона / Г.И. Семенов, А.С. Столяров // Бюл. МОИП. Отд. геол. — 1988. — Т. 63. — Вып. 2. — С. 70–83.
6. Столяров, А.С. Металлоносные залежи костного детрита рыб в майкопских отложениях Ергенинского района / А.С. Столяров, Е.И. Ивлева // Литология и полезные ископаемые. — 1991. — № 6. — С. 70–84.
7. Столяров, А.С. О необычной разновидности полезных ископаемых металлоносных залежей костного детрита рыб в майкопских отложениях / А.С. Столяров, Е.И. Ивлева // Литология и полезные ископаемые. — 1989. — № 1. — С. 52–65.
8. Столяров, А.С. Металлоносность ископаемых залежей костного детрита рыб в майкопских отложениях / А.С. Столяров, Е.И. Ивлева, В.М. Рехарская // Литология и полезные ископаемые. — 1991. — № 1. — С. 6–12.
9. Столяров, А.С. Палеогеография Предкавказья, Волго-Дона и Южного Мангышлака в позднем эоцене и раннем олигоцене / А.С. Столяров // Бюл. МОИП. — 1991. — Т. 66. — Вып. 4.
10. Тюленева, В.М. Особенности комплексных органо-фосфатных руд в Ергенинском районе Калмыкии / В.М. Тюленева, И.Г. Быстров, С.Д. Расулова, Б.Ю. Каминов // Разведка и охрана недр. — 2014. — № 7. — С. 6–12.
11. Шарков, А.А. Особенности строения и условий формирования органогенно-фосфатных месторождений урана и редких земель Южного Мангышлака / А.А. Шарков // Литология и полезные ископаемые. — 2000. — № 3. — С. 290–307.

© Карпова М.И., Николаева М.В., 2018

Карпова Маргарита Ивановна // root@geolnerud.net
Николаева Марина Владиславовна // root@geolnerud.net

ГЕОФИЗИКА

УДК 550.849

Ворошилов Н.А., Алексеев С.Г., Штокаленко М.Б.
(ФГУНП «Геологоразведка»)

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПОИСКАХ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Рассмотрены геоэлектрохимические методы поисков рудных месторождений. Методы позволяют выделять наложенные ореолы рассеяния рудных элементов в различных ландшафтных условиях. Наиболее эффективно эти методы могут использоваться при поисках глубокозалегающих месторождений на закрытых территориях в комплексе с геофизическими исследованиями. **Ключевые слова:** геоэлектрохимические методы, наложенные ореолы, закрытые территории, глубокозалегающие месторождения.

Voroshilov N.A., Alekseev S.G., Shtokalenko M.B. (Geologorazvedka)

EXPERIENCE OF THE USE OF GEOELECTRIC CHEMICAL METHODS FOR SEARCHING ORE DEPOSITS

Geochemical methods of prospecting for ore deposits considered. The methods are applied to detect superimposed dispersion haloes of ore elements in different landscape condi-

*tions. The methods can be used most effectively in prospecting for deep-seated deposits in covered areas in integration with the geophysical investigations. **Keywords:** goelectrochemical methods, superimposed haloes, covered territory, deep-seated deposits.*

В последнее десятилетие заметно возрождается интерес к проблеме поисков месторождений полезных ископаемых на закрытых территориях и к повышению геологической эффективности геохимических методов. Доказательством тому может служить проведение ряда научно-практических конференций по прикладной геохимии [9]. На последней конференции серьезный интерес вызвали методы поисков, основанные на изучении узких групп форм нахождения химических элементов в отобранных пробах, что отличает их от традиционных литохимических методов исследования валового химического состава горных пород и почв. Методы нацелены на регистрацию подвижных форм нахождения, в которых химические элементы-индикаторы выделяются из глубинного объекта, мигрируют на значительные расстояния и накапливаются вблизи дневной поверхности.

Такая миграция может происходить в форме простых и комплексных ионов. Вблизи дневной поверхности элементы продолжают существовать в подвижных формах нахождения или переходят во вторично