

УДК 553.64(571.51)

Фосфориты и апатитовое сырье Средней Сибири

Р.А. Цыкин*

Сибирский федеральный университет,
660041 Россия, Красноярск, пр. Свободный, 79¹

Received 7.05.2010, received in revised form 28.05.2010, accepted 8.06.2010

Рассмотрены магматические и гидротермально-метасоматические комплексные месторождения щелочно-ультраосновной формации, в которых апатит один из полезных минералов. Сделан вывод, что в ближайшие годы может быть расширена сырьевая база Татарского месторождения. Пластовые фосфориты связаны с кремнисто-карбонатной и терригенно-карбонатной формациями венда и терригенной формацией ордовика и девона. Рекомендовано освоение Саржаковского месторождения венда. Карстовые фосфориты мезозоя и кайнозоя на выходах кремнисто-карбонатной формации – Обладжанское и Сейбинское месторождения – являются первоочередными объектами освоения, так как они могут использоваться как фосмелиоранты.

Ключевые слова: апатит, франколит, фосфориты, формации, районирование, месторождения, проявления, перспективы использования.

Введение

Фосфатное сырье необходимо для производства минеральных удобрений, химической и металлургической промышленности, получения флотореагентов, мощных средств, в качестве минеральной подкормки скота и птицы и других целей. В 70-90 гг. в бывшем СССР были возвращены геологоразведочные работы на этот вид сырья, в том числе в Сибири. Итогом этих работ явилось создание минерально-сырьевой базы фосфатов, в том числе в Средней Сибири (Красноярский край и республика Хакасия) в следующих цифрах в пересчете на P_2O_5 : в крае запасы апатитового сырья по категориям C_1+C_2 317 млн т и прогнозные ресурсы P_1+P_2 1395 млн т; запасы фосфоритов категорий А+В 3,28 млн т и C_1-C_2 – 3214,2 млн т, прогнозные ресурсы P_1+P_2 818,3 млн т [1]; в Хакасии, запасы фосфоритов категорий C_1+C_2 10,5 млн т (данные Хакасгеолкома). Цифры выглядят внушительно, однако попутная добыча со складированием в спецотвале (более 300 тыс. т) ведется только на комплексном фосфор-вермикулит-ниобиевом Татарском месторождении в Енисейском крае (Мотыгинский район края). Лицензии были выданы на отработку одного из участков Сейбинского месторождения (Курагинский район края) и на Обладжанское месторождение (Богградский район Хакасии), но недропользователи не выполнили лицензионное соглашение и к добыче сырья, пригодного для производства фос-

* Corresponding author E-mail address: RTsykin@sfu-kras.ru

¹ © Siberian Federal University. All rights reserved

муки, не приступали. Таким образом, в настоящее время использование фосфатов, заключенных в недрах, не производится.

Целью статьи является составление сводки данных и оценка перспектив разработки месторождений апатитов и фосфоритов территории. Автор в прошлом занимался вопросами геологии и генезиса фосфоритов Кузнецкого Алатау, Восточного Саяна и Чадобецкого поднятия [2, 3].

Свойства фосфора и генетические типы его месторождений

Фосфор – распространенный, сильно токсичный неметалл. Имеет один стабильный изотоп ^{31}P . Дает несколько аллотропных модификаций (белый, красный, черный), ввиду высокой энергии ординарных связей P-P, проявляет валентность от P^{5+} до P^{3-} . Из соединений с кислородом наиболее характерны P_4O_6 и P_4O_{10} , интенсивно реагирующие с водой [4]. В земной коре его кларк равен 0,1 %, причем известно 239 минералов-носителей. Большинство из них образовались в экзогенных условиях. Самый распространенный из них апатит, имеющий несколько разновидностей. Потребность в фосфорном сырье для республик бывшего СССР оценивалась в 2000 г. в 23 млн т P_2O_5 только для производства удобрений – аммофоса, азофоски, сульфоаммофоса, преципитата, суперфосфата, двойного суперфосфата, фосфоритовой муки. Дефицит добычи на 2001 г. составлял около 2 млн т P_2O_5 .

В начале второго десятилетия Правительством РФ поставлена задача обеспечения продовольственной безопасности РФ, которую невозможно будет решить без существенной интенсификации добычи и переработки фосфатов.

Скопления минералов фосфора, представляющие промышленный интерес, образовались на протяжении более чем 2,5 млрд лет геологической истории. Самые древние метаморфогенные залежи апатита, не характерны для Средней Сибири, где известно лишь одно Бочуринское фосфатопоявление (ФП) в Восточном Саяне [1]. Достаточно широко представлены здесь экзогенные месторождения фосфоритов, образованные преимущественно в зонах пассивных континентальных окраин на территории горно-складчатых сооружений Алтае-Саянской области. Продуктивные пачки связаны преимущественно с кремнисто-карбонатной и терригенно-кремнисто-карбонатной формациями позднего рифея и венда [5, 6]. Первоисточниками фосфора могли служить восходящие океанские течения (апвеллинг), в меньшей мере массивы суши и подводная вулканическая деятельность [7, 8].

Месторождения (МР) апатита имеют большей частью эндогенное происхождение и отнесены к генетическим типам магматических интрузивных образований (массивы щелочных ультрабазитов, базитов и сиенитов, реже нормальных габбро и диоритов), карбонатитов большей частью гидротермально-метасоматического генезиса [9]. Эндогенные МР часто крупные по запасам, обычно комплексные с разной степенью апатитоносности.

Разведанные в Средней Сибири МР как экзогенного, так и эндогенного классов в приповерхностной части в той или иной степени обогащены процессами выветривания. Наиболее преобразованы на выходах МР фосфоритов кремнисто-карбонатной формации и апатитов карбонатитовой (камафоритовой) формации. Большинство исследователей трактует вторичные фосфаты как продукты коры выветривания [10, 11]. Автор полагает, что это либо специфический тип гипергенных продуктов, либо отложения покрытого карста [2]. Карбонатные породы

(доломиты, известняки с пластами фосфоритов, апатитоносные карбонатиты) содержат мало или недостаточно много нерастворимых при химическом выветривании минералов, поэтому образуются либо фосфатоносные отложения карста, либо прессованные, с латеральным приносом минеральных веществ композиции, не являющиеся типичной зонально построенной существенно глинистой корой выветривания. Гипергенные фосфаты обогащены P_2O_5 , но часто содержат такие вредные компоненты, как железо, алюминий, местами уран и торий, что снижает их практическую ценность.

Фосфатоносные провинции, районы и узлы

В минерагенической стране Сибирской платформы (рисунок) можно выделить провинции: 1. Северо-Западную, включающую Хантайско-Рыбнинский район с ФП терригенной формации девонского возраста, узлами Норильским, Южно-Пясинским, Имангдинским и Фокинским [12]. Повышенные, местами высокие, до 24-25 % P_2O_5 содержания связаны с раковинами лингул, костной брекчией и рассеянной мелкой галькой в конгломератах. Выдержанные продуктивные пласты отсутствуют.

2. В провинции Анабарской антеклизы крупные скопления апатитов разведаны в Маймечакотуйском районе, узлы Гулинский, Маганский, Ырааский и Ессейский. Апатитоносность отмечена еще в ряде массивов щелочно-ультраосновной формации [13]. 3. В провинции Байкитской антеклизы пластовые фосфориты терригенной формации выявлены в отложениях ордовика, Подкаменно-Тунгусский район, узлы Апрелькинско-Кузьмовский, Гурьевский и Перевалочной базы [1]. 4. В провинции Тунгусской синеклизы залежи фосфоритов и апатита выявлены и попутно разведаны в Чадобецком районе, узлы Центральненский (фосфориты $K_2 - P - \gamma$) и Чуктуконский (apatиты Т) [3].

В стране докембрийской складчатости Енисейского кряжа в отложениях рифея есть лишь отдельные ФП, зато в районе Ангаро-Тисского синклинория разведаны значительные скопления апатитов в комплексных гидротермально-метасоматических месторождениях щелочно-ультраосновной формации (Кийский и Татарский узлы).

В Алтае-Саянской горно-складчатой стране МР фосфоритов и проявления найдены в Восточно-Саянской провинции, районы Кизир-Казырского синклинория (Сейбинский узел), Красноярского антиклинория (Саржаковский узел), Базыбайского выступа (Бочуринский узел) и Беллыкского массива (Телекский узел) [8-10], а также в Кузнецко-Алатауской провинции, пластовые и карстовые фосфориты районов восточного склона (Тамалыкский узел) и Батеневского массива (Обладжанский и Богградский узлы) [8].

Месторождения и некоторые проявления фосфатов

В разделе кратко охарактеризованы разведанные в прошлом фосфатоносные узлы. Планы и разрезы здесь не воспроизведены, они есть в публикациях производственных геологов и научных работников, на которые даны ссылки. Порядок рассмотрения объектов – с севера на юг. Сведения о запасах и ресурсах фосфатов приведены в таблице.

МР «Маган» расположено в 220 км южнее пос. Хатанга и связано с массивом центрального типа щелочно-ультраосновных пород и карбонатитов. Массив имеет овальную форму и занимает площадь 42 км² [13]. Основными слагающими его породами являются ийолиты, реже



Рисунок. Схема размещения месторождений и основных проявлений фосфатов. А – апатитсодержащее сырье; Б – пластовые фосфориты; В – пластовые и карстовые; Г – карстовые. Объекты на схеме: 1 – Гули; 2 – Маган; 3 – Браас; 4 – Норильские; 5 – Есей; 6 – Гурьевское; 7 – Апрелькинско-Кузьмовское; 8 – Перевалочная база; 9 – Татарское; 10 – Чуктуконское; 11 – Центральное; 12 – Саржаковское; 13 – Сейбинское; 14 – Тамалыкское; 15 – Обладжанское; 16 – Телекское

Таблица. Запасы и ресурсы фосфатного сырья в пересчете на пентаоксид фосфора

Месторождение, фосфатопроявление	Среднее содерж. P ₂ O ₅ , %	Количество, млн т		Примечание
		запасов	ресурсов	
Апатитовое				
ФП Гули	4,84	0,2	186	Сырье радиоактивно Складируют в спецотвал Радиоактивно Франколит-фосфоритовое
Маган	5,66	117,2	-	
Ыраас	7,33	145,7	-	
Ессей	9,92	54,1	-	
ФП Кийское	7,6	-	35	
МР Татарское	8,7	0,26	12	
МР Чуктукон, франколитовое сырье	9,8	8,3	17	
ФП Центральное	10	-	1,2	
Фосфориты пластовые				
Гурьевское	7,5	0,4	-	
ФП Апрелькинско- Кузьмовское	8,1	-	10	
ФП Перевалочная база	7-8	-	5	
Фосфориты пластовые и карстовые				
Саржаковское	17	$\frac{2,5^*}{1,2}$	5	Первичные на переработку, карстовые – для фосмуки
Тамалыкское	11-12	$\frac{8,5}{0,8}$	12	
Фосфориты карстовые				
Сейбинское	16,5	2,3	2	Фосмука
Обладжанское	20,0	3,3	-	Фосмука
Телекское	15,77	21,2	32	Производство фосфора термовозгонкой

* В числителе – пластовых, знаменателе – карстовых

мельтейгиты и уртиты. Карбонатиты и родственные им породы образуют малые тела по всей площади массива, но более развиты в его центральной части, где слагают тело размером 6,5 км². Выделены четыре стадии формирования карбонатитов и алюмосиликатных пород: 1) флогопит-нефелин-пироксеновые, магнетит-флогопит-пироксеновые, кальцит-флогопит-пироксеновые, эгирин-кальцитовые разности, в совокупности пользующиеся наиболее широким распространением; 2) кальцит-флогопит-магнетит-форстеритовые и форстерит-кальцит-доломитовые ассоциации, слагающие маломощные жилы в породах I стадии; 3) преимущественно магнетитовые апатитоносные с флогопитом, форстеритом, эгирином, карбонатами и сульфидами породы, слагающие жилы, штокверки, причем объемы последних увеличиваются с глубиной; 4) доломит-анкеритовые маломощные жилы.

Апатитоносными являются эгириниты третьей стадии, эгирин-авгитовые с ортоклазом, альбитом и нефелином породы и фениты. Они слагают неполнокольцевую зону по периферии массива общей протяженностью 21,5 км при ширине от 100 до 750 м. Фосфатное сырье преимущественно бедное (4-8 % P₂O₅), редко рядовое (8-16 %) и условно богатое

(> 16 %). Эти градации сложно чередуются и прослежены без признаков выклинивания на глубину более 400 м. Среднее содержание пентаоксида фосфора по месторождению 5,66 %. Гипергенные франколитовые брекчии развиты незначительно в центральной части массива. Помимо апатитового, на месторождении развиты флогопитовое и вермикулитовое сырье и магнетитовые руды (32,6-44,2 % Fe_{вал}); прогнозные ресурсы последних не менее 1,5 млрд т.

МР «Ыраас» расположено в 220 км юго-восточнее пос. Хатанга, в 35 км восточнее массива Маган. Щелочно-ультраосновные породы (нефелин-пироксеновые, ийолит-мельтейгитовые) слагают северо-западный блок МР площадью 1,2 км², а центральная и юго-восточная его часть представлены поднятыми по разломам при внедрении интрузии архейскими гнейсами, которые по периферии фосфатизированы (на севере – апатитом, а на востоке и юге – апатит-франколитовой и частично франколитовой минерализацией). В периферических зонах МР выделены 5 продуктивных тел: 1-е на юге площадью 1 км², 2-е на востоке – 1,2 км², 3-е на севере – 0,6 км², 4-е на юго-востоке – 0,24 км² и 5-е на западе – 0,3 км². Концентрации фосфатов первичные и вторичные (гипергенные). Первичные представлены четырьмя природными сортами: 1) магнетит-карбонат-apatитовым в измененных гнейсах; 2) апатитовых слюдитов в гнейсах; 3) апатитовых карбонатитов с реликтами гнейсов; 4) апатит-магнетитовых скоплений преимущественно в ийолитах. Измененные первичные и вторичные (коры выветривания [11]) фосфатные продукты развиты до глубин 130 м и более, они обогащены пентаоксидом фосфора в 2-2,5 раза и содержат алюмофосфаты. Вертикальная зональность проявлена слабо. Средние содержания P₂O₅ в продуктивных породах составляют для блока I – 4,5 %, II – 5,4, III – 7,2, IV – 23,1. Средние содержания для первичных руд равны 7,33 % P₂O₅, а смешанных – 10,4 %. Кроме того, оценены руды железа, их запасы категории C₂ составляют 219 млн т при среднем содержании Fe_{вал} 11 %.

МР «Ессей» расположено в 30 км севернее озера того же названия, в 470 км северо-восточнее пос. Тура. Щелочно-ультраосновные породы и карбонатиты образуют округлое тело с апофизом в северной части общей площадью 10 км². Данные бурения и геофизических измерений показывают, что породы круто (60-80°) погружаются к центру, т.е. массив имеет форму воронки. В северной части массива развиты оливиниты и ийолит-мельтейгиты, а в концентрически-зональной – карбонатиты с переменными количествами апатита, форстерита и магнетита. Скопления апатит-магнетитовой ассоциации имеют грубо концентрическое распространение. В северной части массива выделены линзовидные в плане тела форстерит-магнетитовых и магнетитовых руд, а в центральной части – лимонит-франколитовых гипергенных продуктов (коры выветривания [11]).

Карбонатиты слагают около 80 % площади, представлены кальцитовыми магнезиальными и доломитовыми разностями. Гипергенные продукты отличаются по составу и строению по кальцитовым и доломитовым телам. В первых четче выражена зональность (снизу вверх): дезинтегрированные породы мощностью до 20 м, лимонит-франколитовые образования с реликтовыми минералами – 50-80 м, лимонит-алюмофосфатные продукты, развитые только в юго-западной части площади – до 55 м. По доломитовым разностям образованы зоны дезинтеграции (трещиноватые пористо-ноздреватые продукты) от 20 до 100 м и лимонит-франколитовых, лимонит-алюмофосфатных скоплений – до 100-120 м. Преобладающим

алюмофосфатом является вавеллит с примесями крандаллита, горсейкита, вудхаузеита, сванбергита и флоренита [11].

На месторождении выделены такие первичные продуктивные ассоциации: 1) апатит-форстерит-карбонат-магнетитовая; 2) карбонат-магнетитовая и форстерит-магнетитовая; 3) карбонат-apatит-магнетитовая и карбонат-магнетит-apatитовая; 4) карбонат-apatитовая. Средние содержания P_2O_5 в сырье ассоциации 3 по наиболее изученному телу составили 16,6 %, по объему она составляет 45 % выявленных фосфатов. Ассоциация 4 богаче фосфором, но развита незначительно.

Гипергенные фосфаты слагают 6 сближенных залежей мощностью от нескольких метров до 150 м. Они представлены франколитовой, лимонит-франколитовой и лимонит-алюмофосфатной ассоциациями. В франколитовом сырье в среднем содержится 13,8 % P_2O_5 , лимонит-франколитовом – 12,0 % и лимонит-алюмофосфатном – 8,6 %.

Помимо фосфатов, на МР «Ессей» имеется около 1 млрд т богатых руд железа (35-55 % $Fe_{вал}$). Это комплексное фосфатно-железное месторождение, аналогичное давно разрабатываемому Ковдорскому Кольского полуострова.

В Маймеча-Котуйском районе есть еще 13 массивов щелочно-ультраосновных пород, многие из которых содержат аналогичное фосфатно-железное, местами флогопитовое сырье [13]. В перспективе могут быть открыты новые месторождения. На ФП Гули, связанном с крупнейшим массивом щелочно-ультраосновных пород, по одному из участков подсчитаны запасы 0,2 млн т, а прогнозные ресурсы оценены в 186 млн т P_2O_5 .

МР «Гурьевское», расположенное в нижнем течении р. Подкаменная Тунгуска, разведано в 60-х гг. XX в. [1]. Фосфориты линзовидно-пластовой формы залегают в терригенных отложениях среднего ордовика, имеющих наклон в 2-4°. Минерализация связана с конгломератами и песчаниками, образующими залежь площадью 2,5x1,7 км при мощности от 1,2 до 1,8 м. Фосфорит слагает зерна, оолиты, конкреции, присутствует в форме галек и раковин. Кроме того, в пластах повышено содержание глауконита. Содержания P_2O_5 составляют 6,47-11,86 %, $Fe_{вал}$ 2,6-8,5 %. Запасы сырья для штольневой отработки были подсчитаны по категориям А+В в сумме 0,25 млн т при содержании 7,49 % P_2O_5 , C_1+C_2 – 0,16 млн т (около 9 % P_2O_5). Запасы в 1972 г. были сняты с балансового учета в связи с отсутствием рациональной схемы переработки сырья.

Аналогичное сырье характерно для ФП «Апрелкинско-Кузьмовского» и «Перевалочная база», по которым рассчитаны прогнозные ресурсы, но поисково-разведочные работы не проводились.

ФП «Кийское» расположено в нижнем течении р. Кии (правый приток Енисея) в 135 км северо-западнее г. Енисейска. В конце 60-х – начале 70-х гг. XX в. на объекте были проведены геологоразведочные работы на редкоземельные и радиоактивные руды [1]. Они локализованы в массиве щелочных пород, варьирующих от щелочных и нефелиновых сиенитов до ийолитов и мельтейгитов. Гидротермально-метасоматические изменения выразились в карбонатизации щелочных сиенитов вплоть до карбонатитов. Практический интерес в этих породах представляют руды TR и Th. Кроме того, выявлены 6 крутопадающих плитообразных залежей апатит-содержащего сырья (3,0-28,4 % P_2O_5). В нем содержатся TR (до 0,4 %), Th (до 1,9 %), Sr (до 3,6 %), Be (до 0,8 %) и Mo (до 0,3 %). Таким образом, проявление комплексное ториево-редкоземельно-редкометалльно-фосфорное. На участке развита охристо-глинистая кора выветривания, имею-

щая среднюю мощность 30 м. В элювии существенно повышены содержания редкоземельно-редкометалльного оруденения, но распределение фосфора не исследовано. Рудное и фосфатное сырье на государственный баланс не поставлено в связи с недостаточной изученностью процессов обогащения и переработки многокомпонентных минеральных ассоциаций с высокой радиоактивностью.

МР «Татарское» расположено в южной части Енисейского кряжа в верховьях рек Татарки и Большой Пенченги, в 85 км северо-западнее пос. Мотыгино. Оно связано с апатит-пироклор-карбонатитовой формацией. На площади ее распространения протяженностью с юга на север 15 км при ширине от 0,7 до 3 км выявлены 7 зон локализации указанной формации, но первичные продуктивные ассоциации характеризуются низкими содержаниями TR-Nb оруденения и умеренными – апатита. Вторичные вермикулит-фосфатно-ниобиевые руды выявлены примерно в 80 телах линзовидной и лентообразной формы. По простиранию они прослежены от 36 до 2045 м, по ширине – от 3 до 109 м, по глубине – от 3 до 109 м. Минералы фосфора – апатит, в различной степени превращенный в франколит. Средние содержания P_2O_5 оценены в 8,73 %. Сырье легко обогатимо по магнитно-гравитационно-флотационной схеме с получением концентрата 39-41 % P_2O_5 при извлечении 54,2 %.

В настоящее время АО «Стальмаг» ведет добычу ниобиевых руд наиболее богатого Первого рудного (северного) участка, причем фосфаты складированы в спецотвал. Они почти не радиоактивны, рациональная схема утилизации не разработана.

МР «Чуктукон» находится в южной части Чадобецкого района в 110 км севернее г. Кодинска. В сводовой части одноименного купола развиты доломиты с невыдержанными пластами глинистых и кремнисто-глинистых сланцев. В них выявлены два штока карбонатитов – южный площадью 0,9x1,9 км, сложенный доломитовым агрегатом с преимущественно редкометалльной минерализацией (флоренсит, церианит, монацит), марганцевыми и железными гидроксидами и франколитом, и центральный размером 1,8 x 2,5 км, сложенный кальцитом с пироклором, фосфатами редких земель и аналогичной минерализацией Mn, Fe и P [3]. На месторождении развита мощная, до 100-300 м и более, толща рыхлых охр (латеритная кора выветривания по диагностике некоторых исследователей). Но при химическом выветривании карбонатных пород, к тому же внедрившихся в доломиты верхнего рифея, неизбежно происходит прессовка, показателем которой является рост содержаний Nb и TR в 4-6 раз. Аномально большие мощности охр автор склонен объяснить гравитационным привнесом нерастворимых компонентов с флангов купола.

Запасы и ресурсы фосфатов в охристых TR-Nb и Nb-TR рудах и в скоплениях франколита (см. таблицу) говорят о среднем по размерам объекте. Но возможности использования фосфатов как отходов переработки руды и организации селективной добычи франколитового сырья, обладающего радиоактивностью (до 0,02 % UO_3 и 0,08 ThO_2) и требующего дезактивации, можно будет выяснить при постановке специальных исследований.

ФП «Центральное» выделено в пределах одноименного, самого крупного в регионе месторождения бокситов мел-палеогенового возраста [3]. При его разведке повышенные до высоких концентрации P_2O_5 фиксировались в бороздовых и керновых пробах. Например, скважиной 124 в интервале 112-137 м вскрыта залежь фосфорита с содержаниями 8,9-21,2 % P_2O_5 , в среднем 16,3 %. В самой глубокой скважине 246 в интервале 559,0-576 м (забой) содержания P_2O_5 пре-

вышали 20 %. Интервалы керна с содержаниями 2-5 % определены по многим скважинам как в бокситовой, так и в подбокситовой (нижнемеловой) толще. В отношении фосфатов этот объект остался недоизученным. Автор оценил его ресурсы в 1,2 млн т P_2O_5 с содержаниями около 10,0-12,0 % P_2O_5 .

МР «Саржаковское» находится в левобережной части бассейна Енисея в 15 км юго-западнее г. Дивногорска. Продуктивной является доломитовая формация венда мощностью 3,6 км, площадь распространения которой характеризуется складчато-блоковым строением. Пластовые тонкослоистые и брекчиевые карбонатные фосфориты размещены в нижней части формации, где выявлен пласт Основной максимальной мощностью 46 м со снижением на запад и восток до 8-10 м. Пласт прослежен на 1,8 км. В средней части, в 400 м выше по разрезу, залегает пласт Южный мощностью до 25 м и протяженностью 0,8 км [8]. Содержания пентаоксида фосфора в нижнем пласте от 15 до 24-38 %, а в вышележащем – 7-12 %. На западе площадь распространения формации обрывается полем развития метасоматических кварцитов и алевроито-глинистых пород палеогена. Северо-западнее пласта Основного встречены вытянутые по простиранию доломитов воронко- и котловинообразные формы покрытого карста протяженностью до 850 м при глубинах до 100-150 м. Кроме фосфоритов, в них есть небольшие линзовидные тела бокситов. Карстовые фосфориты рыхлые песчано-алевритовые с кусками светлых опаловидных и светло-бурых песчаных.

МР «Тамалыкское» расположено в восточной части Кузнецкого Алатау, в 60 км западнее ст. Усть-Бирь республики Хакасия. Пластовые фосфориты размещены в вулканогенно-терригенно-карбонатной формации нижнего кембрия [7, 8, 14], обнаженной узкими полосами северо-восточной ориентировки среди пород кремнисто-карбонатной формации венда. Мощность формации 440 м, продуктивная пачка расположена в средней части и имеет мощность 80 м. Она фациально не выдержана, сложена пластами и линзами кремнистых и карбонатно-кремнистых тонкокристаллических фосфоритов мощностью до 20-30 м и протяженностью от сотен метров до 2-4 км. Содержания P_2O_5 в них 12-25 %. На одном из участков описаны фосфатные конгломератобрекчии, есть прослойки желваковых обособлений. На глубину пласты, имеющие углы падения 40-75°, прослежены без выклинивания на 300 м, но часто они срезаны дизъюнктивами [7].

В приповерхностной части месторождения в форме субсогласных линейно ориентированных тел развиты контактово-карстовые залежи вторичных фосфоритов рыхлого и рыхло-кускового сложения с содержаниями P_2O_5 10-18 % (в среднем 11,9).

Первичные фосфориты объекта хорошо обогатимы, а вторичные могут использоваться как фосмелиоранты [8].

МР «Сейбинское» расположено в западной части Восточного Саяна в 50-62 км севернее г. Артемовска. Оно состоит из трех участков – Владимирского и Караульная Горка на северо-западе, вблизи трассы железной дороги Абакан-Саянская (разъезд Джетка) и в 12 км юго-восточнее – Большие Джебарты. Пластовые фосфориты на всех участках бедные, слагают линзовидные тела и прослойки карбонатного, кремнистого и кремнисто-глинистого состава. Практический интерес представляют вторичные фосфаты контактово-карстовых депрессий. Три из них расположены на участке Владимирский, семь – на Караульной Горке и одна крупная (длиной 3 км и шириной 30-80 м) – на участке Большие Джебарты.

Ю.Н. Занин [10] рассматривает вторичные фосфаты как кору выветривания мезозойско-кайнозойского возраста. В депрессиях встречаются блоки известняка и микрокварцита, заключенные в алеврито-глинистом фосфатном материале. Широко развита каменистая фосфатная брекчия. Локально в фосфатах проявлено омарганцевание и ожелезнение, что вообще характерно для карстовых залежей [8]. Содержания P_2O_5 в них колебалось от 10,7 до 25,6 %.

В 1961-1063 гг. сырье участка Караульная Горка извлекалось и было использовано для производства фосмуки. Было добыто 56,2 тыс. т сырья со средним содержанием 18,97 % P_2O_5 [10]. В 1997 г. управлением Краснедра была выдана лицензия на этот объект, но недропользователь к добыче сырья не приступал, лицензия вскоре была отозвана.

МР «Обладжанское» расположено в Батеневском кряже республики Хакасия, в 18 км северо-восточнее разъезда Туманный железной дороги Ачинск-Абакан. На участке развиты отложения кремнисто-карбонатной формации венда. В верхней ее части мощностью 450 м развиты светло-серые и серые известняки и доломиты. Преимущественно в последних есть линзы фосфорита (7-9 % P_2O_5) и рассеянные скопления (0,4-2 % P_2O_5) фторapatита [8, 15]. За счет преимущественно рассеянных концентраций фосфора образовались вторичные фосфориты. В водораздельной части месторождения (гряда Большой-Малый Обладжаны) развиты богатые их разности (16,3-22,4 % P_2O_5), слагающие воронкообразные формы карста. Из них наиболее крупная имеет сечение 220x260 м при глубине до 150 м, остальные менее значительные на выходах, но имеют подземные ответвления длиной 70-150 м, либо слагают слепые залежи таких же размеров. По физико-механическим свойствам сырье рыхлое землистое, комковатое и каменистое (наиболее богатое – 30-42 % P_2O_5). На северо-западном склоне гряды развиты рядовые карстово-делювиальные залежи сырья (12-15 % P_2O_5).

В последнем десятилетии XX в. месторождение было подготовлено к эксплуатации, но происшедший развал СССР и ликвидация предприятия привели к тому, что добыча сырья не ведется до сих пор, хотя лицензия недропользователю комитетом Хакаснедра выдана в 2004 г. и переоформлена в 2006 г.

МР «Телекское» расположено в западных предгорьях Восточного Саяна, в 70 км от пос. Курагино. Оно связано с кремнисто-карбонатной формацией венда. В нижней части она сложена серыми известняками с пластом известковых конгломератов (около 1000 м), а выше залегают доломиты с пластами и линзами кремнистых пород и известняков (более 500 м). Осадочные породы инъецированы дайками сиенитов и диоритов, фрагментами сохранились выветрелые останцы эффузивов нижнего девона [16]. Вторичные элювиально-карстовые фосфориты образуют цепь сложно ветвящихся залежей, ориентированных в северо-западном направлении в полосе длиной 6 км и шириной 0,3-1,0 км. Глубины распространения сырья составляют от 30-50 до 250 м, в среднем 125 м. Вторичные фосфориты представляют собой в основном песчано-глинистый материал с включениями каменистых разностей, обломков выветрелых даек и реже доломитов и слабифосфатных алеврито-глинистых пород. Распределение пентаоксида фосфора неравномерное с участками как богатых (24-36 % P_2O_5), так и убогих (5-7 %) содержаний (среднее 15,77 %). Сырье железистое (среднее содержание Fe_2O_3 4,73), местами марганцовистое или содержащее алюмофосфаты, поэтому рекомендовано для термической переработки с получением желтого фосфора.

Выводы

В рассмотренном регионе преобладает комплексное апатитосодержащее сырье, в разной степени преобразованное гипергенезом с повышенным содержанием P_2O_5 , но загрязненное оксидом железа и алюмофосфатами. Наиболее крупные месторождения Маймечя-Котуйского района расположены на большом удалении от путей сообщения и не могут рассматриваться как объекты, рентабельное освоение которых возможно в первой четверти XXI в.

Перспективен для постановки поисково-разведочных работ Татарский узел Нижнего Приангарья. Из 7 участков развития комплексного вермикулит-фосфатно-пирохлорового оруденения разведан и вовлечен в отработку один. На основе этого МР возможно обоснование создания в Енисейском районе завода фосфорных удобрений. Отмечу возможность использования в технологическом процессе сжиженного диоксида серы комбината Норникель, который планируют захоронять в подземных резервуарах.

На юге Красноярского края перспективен к постановке разведочных работ Саржаковский узел, где есть качественные пластовые фосфориты для химической переработки, а карстовые – для получения фосмуки и композиционных органо-цеолитно-фосфорных удобрений.

Необходимо ускорить начало отработки карстовых фосфоритов Сейбинского и Обладжанского узлов. Администрациям Красноярского края и республики Хакасия целесообразно активировать действия недропользователей, возможно обеспечить им льготное кредитование и налоговые льготы.

Список литературы

1. Минеральные ресурсы Красноярского края. Кадастр месторождений полезных ископаемых / под ред. С.С. Сердюка. Красноярск: РИЦ КНИИГиМС, 2002. – 582 с.
2. Цыкин Р.А. Отложения и полезные ископаемые карста. Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1985. – 165 с.
3. Цыкин Р.А., Попова Н.Н. Полезные ископаемые Чуктуконского поднятия // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Центральной Сибири. Красноярск: Изд. ОАО «Красноярскгеолсъемка», 2010. С.102 – 107.
4. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов. Кн. 2. Главные *p*-элементы. М.: Недра, 1994. – 303 с.
5. Красильникова Н.А. Генетические типы фосфоритов Сибири и их перспективность // Фосфоритоносные формации Сибири. Ч. II. Новосибирск: изд. СНИИГГиМС, 1968. С. 5-10.
6. Соколов А.С. Проблема ресурсов фосфатного сырья и основные вопросы геологии и генезиса фосфоритов // Условия образования геосинклинальных фосфоритов. М.: Наука, 1973. С. 5-8.
7. Еганов Е.А. Геосинклинальные фосфориты Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука, 1968. – 228 с.
8. Фосфоритоносные формации юга Сибири. Красноярск: Кн. изд-во, 1972. – 223 с.
9. Смирнов Ф.Л. Апатиты Сибири и перспективы поисков промышленных месторождений // Закономерности размещения главнейших осадочных полезных ископаемых Сибири. Фосфатное сырье. Тр. СНИИГГиМС, вып. 68. Новосибирск, 1968. С. 83-87.

10. Занин Ю.Н. Геология фосфатоносных кор выветривания и связанных с ними месторождений фосфатов. М.: Наука, 1969. – 160 с.
11. Фосфатоносные коры выветривания и фосфориты Маймеча-Котуйской провинции ультраосновных – щелочных пород / Данилин Е.Л., Занин Ю.Н., Вахрамеев А.М. и др. Тр. ИГиГ СО АН СССР, вып. 489. М.: Наука, 1982. – 75 с.
12. Матухин Р.Г. Девонские фосфориты Норильского района // Условия локализации фосфоритоносных осадков Сибири. Тр. ВСЕГЕИ, т. 146. Л., 1966. С. 121-127.
13. Апатитовые месторождения Маймеча-Котуйской провинции и их геолого-экономическая оценка. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1983. – 84 с.
14. Мкртычьян А.К. Фосфориты междуречья Теренсу-Ассук (Кузнецкий Алатау) // Условия локализации фосфоритоносных осадков Сибири. Тр. ВСЕГЕИ, т. 146. Л., 1966. С. 103-107.
15. Мкртычьян А.К., Цыкин Р.А. О фосфоритах Обладжанского месторождения // Закономерности размещения главнейших осадочных полезных ископаемых Сибири. Фосфатное сырье. Тр. СНИИГГиМС, вып. 68. Новосибирск, 1968. С. 147-156.
16. Утяшев Г.М., Жуковский Б.М. Телекское месторождение фосфоритов в Восточном Саяне // Закономерности размещения главнейших осадочных полезных ископаемых Сибири. Фосфатное сырье. Новосибирск: изд. СНИИГГиМС, 1968. С. 29-44.

Phosphorites and the Raw Material Apatite of Average Siberia

Rostislav A. Tsykin

*Siberian Federal University,
79 Svobodny, Krasnoyarsk, 660041 Russia*

Igneous and hydrothermal-metasomatic complex deposits of the alkaline-ultrabasic formation, in which apatite is one of the useful minerals, are studied. The conclusion that the raw material base of the Tatarskoye deposit can be extended in the nearest future was made. Stratal phosphorites are associated with siliceous-carbonate and clastic= carbonate Vendian and clastic Ordovician and Devoman formatios. The development of the Sarzhakovskoye Vendian deposit is recommended. Mesozoic-Cenozoic carst phosphorites at the outcrops of the siliceous-carbonate formation – the Obladzhanskoye and the Seibinskoye ones – are top – priority objects for development because they can be used as phosphate meliorants.

Keywords: apatite, francolite, rock fosfate, location, deposits, perspective of using.
