

References

2. Sukhova E. B., Streltsyn V. G., Konev V. A. *Tekhnologicheskie osobennosti primeneniya tonkogo grokhocheniya v skhemakh izmelcheniya volframsoderzhashchikh rud* (Technological peculiarities of application of fine screening in tungsten-containing ore grinding systems). *Pererabotka kompleksnykh volframovykh, volframo-molibdenovykh rud i produktov obogashcheniya* : sbornik nauchnykh trudov (Processing of complex tungsten, tungsten-molybdenum ores and concentration products : collection of scientific proceedings). Leningrad : Mekhanobr, 1988. 49 p.
3. Vaysberg L. A., Korovnikov A. N. *Tonkoe grokhochenie kak alternativa gidravicheskoy klassifikatsii po krupnosti* (Fine screening as alternative of hydraulic classification according to coarseness). *Obogashchenie Rud* = Mineral processing. 2004. No. 3. pp. 23–34.
4. Brylyakov Yu. E., Kostrova M. A., Shishkin S. P., Golovanov V. G., Kalugin A. I. *Primenenie grokhotov tonkogo grokhocheniya v zamknutom tsikle izmelcheniya apatit-nefelinovykh rud* (Application of micro-screens in closed cycle of apatite-nepheline ores grinding). *Sovremennyye metody kompleksnoy pererabotki rud i netraditsionnogo mineralnogo syr'ya* : sbornik trudov konferentsii «Plakinskie chteniya-2007» (Modern methods of complex processing of ores and non-traditional mineral raw materials : collection of proceedings of the conference «Plaksin readings -2007»). Apatiry : Kola Science Center of Russian Academy of Sciences, 2007.
5. Kurteva O. I., Klassen P. V., Talmud M. M., Timofeev V. A., Maslennikov S. V. *Issledovaniya v oblasti optimizatsii toniny pomola apatitovogo kontsentrata, ispolzuemogo v proizvodstve ekstraktsionnoy fosforной kisloty* (Researches in the area of optimization of milling fineness of apatite concentrate, used in production of wet-process phosphoric acid). *Trudy Nauchno-issledovatel'skogo instituta po udobreniyam i insektofungitsidam* = Proceedings of Research Institute for Mineral Fertilizers. 1991. Iss. 260. pp. 41–47.
6. Chernenko Yu. D., Angelov A. I., Levin B. V. *Napravleniya optimizatsii kachestva Kolskogo apatitovogo kontsentrata* (Ways of optimization of Kola apatite concentrate quality). *Khimicheskaya promyshlennost* = Chemical industry. 1999. No. 11. pp. 56–60.
7. Levin B. V., Angelov A. I., Golovanov V. G. *Proizvodstvo i khimicheskaya pererabotka Kolskogo apatitovogo kontsentrata povyshennoy krupnosti* (Production and chemical processing of Kola apatite concentrate with high coarseness). *Khimicheskaya promyshlennost segodnya* = Chemical industry today. 2005. No. 4. pp. 42–48.
8. Grinevich A. V. *Zakonomernosti khimicheskogo rastvoreniya khibinskogo apatitovogo kontsentrata primenitelno k proizvodstvu ekstraktsionnoy fosforной kisloty* (Regularities of chemical dissolution of Khibiny apatite concentrate, applied to production of wet-process phosphoric acid). *Trudy Nauchno-issledovatel'skogo instituta po udobreniyam i insektofungitsidam* = Proceedings of Research Institute for Mineral Fertilizers. 2009. pp. 216–263.

УДК 622.765:622.634

Б. В. ЛЕВИН (АО «НИУИФ»)
А. И. КАЛУГИН (АО «Апатит»)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБОГАЩЕНИЯ И КИСЛОТНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ АПАТИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА ПОВЫШЕННОЙ КРУПНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА АО «АПАТИТ»



Б. В. ЛЕВИН,
генеральный директор,
канд. техн. наук



А. И. КАЛУГИН,
технический директор –
главный инженер,
канд. техн. наук

Крупнейшее в мире горно-обогатительное предприятие по производству апатитового концентрата АО «Апатит» разрабатывает месторождения апатит-нефелиновых руд Хибинского массива. Объединение производит один из лучших в мире видов фосфатного сырья — апатитовый концентрат, содержащий ~39 % P₂O₅ (>85 WPL) и наименьшую (по сравнению со всеми известными видами фосфатных концентратов) долю примесных токсичных элементов.

Характеристика товарных апатитовых концентратов — содержание P₂O₅ и гранулометрический состав — определяется тремя основными факторами:

В работе проведен сравнительный анализ гранулометрического состава апатитовых концентратов, выпускаемых ведущими мировыми производителями. Рассмотрен практический опыт производства в АО «Апатит» апатитового концентрата повышенной крупности. Приведены результаты промышленных испытаний технологии переработки апатитового концентрата повышенной крупности сернокислотным и азотнокислотным способами. Отмечено принципиальное соответствие аппаратного оформления действующих технологий производства экстракционной фосфорной кислоты и удобрений для перехода на переработку апатитового концентрата повышенной крупности.

Ключевые слова: апатит-нефелиновые руды, апатитовый концентрат, крупность концентрата, химическая переработка, минеральные удобрения, экстракционная фосфорная кислота.

- вещественным составом руд, их текстурно-структурными особенностями, в том числе размером вкрапленности минералов, в первую очередь — апатита;
- техническими возможностями обогатительного оборудования, главным образом — флотационных машин;
- требованиями потребителей, связанными с технологией переработки концентратов.



Рис. 1. Механические флотомашины ФМР-6,3 на АНОФ-2 (до 2010 г.)



Рис. 2. Современное флотационное оборудование АНОФ-2 (с 2008 г.) — флотокамеры ОК-38 и колонные флотомашины

Способы переработки апатитовых концентратов претерпели определенную эволюцию. Если раньше концентрат использовали в основном для получения суперфосфата, при котором требуется тонкодисперсное сырье, то в последние десятилетия концентраты перерабатывают в основном на экстракционную фосфорную кислоту (ЭФК) и сложные удобрения, получаемые кислотным разложением — серноокислотным (~80 %), азотнокислотным (~18 %) и солянокислотным (~2 %). Соответственно изменились требования к гранулометрическому составу концентратов, определяемые прежде всего особенностями преобладающего серноокислотного способа.

Параметром, в значительной степени определяющим технологический режим переработки апатитового концентрата (темпе-

ратуру, сульфатный режим, режим, продолжительность пребывания пульпы в экстракторе), является гранулометрический состав сырья. Анализ практики переработки фосфатного сырья в ЭФК свидетельствует о предпочтительности его максимальной однородности. Узкое распределение частиц сырья по размеру позволяет обеспечить управление процессами разложения и массовой кристаллизации сульфата кальция для получения наиболее высокого значения интегрального показателя — выхода P_2O_5 в ЭФК.

Апатитовые концентраты зарубежных производителей отличаются сдвигом интегральной кривой распределения в сторону более крупных частиц.

На фабриках АО «Апатит», в отличие от зарубежной практики (а также практики ОАО «Ковдорский ГОК») подготовки питания флотации, включающей стадию обесшламливания, действующая технология обогащения апатит-нефелиновых руд не предусматривает предварительного отделения тонких фракций перед флотацией. Это определяет несколько меньшую долю крупных классов (+0,16 мм) и большую — шламовых фракций (–0,074 мм) в хибинском концентрате по сравнению со всеми другими фосфорсодержащими концентратами. Кроме того, в АО «Апатит» показатели технологического извлечения P_2O_5 (при флотации) и товарного (в конечный концентрат из руды) близки — 93–94 и 90–91 % соответственно, в то время как для зарубежной технологии характерен существенный разрыв указанных показателей. Так, технологическое извлечение P_2O_5 в производстве апатитового концентрата на фабрике Phalaborwa (ЮАР) составляет 75, а товарное — 60 %.

Идея производства крупнозернистого апатитового концентрата ввиду его явной технико-экономической целесообразности давно прорабатывалась на комбинате «Апатит» [1]. Отделение АНОФ-1, оснащенное восемью мельницами МШЦ-2700×4200 и пневмомеханическими флотационными машинами с 1963 по 1993 г. работало по схеме грубозернистого измельчения и флотации и производило апатитовый концентрат, содержащий 19–20 % класса +0,15 мм. Однако для удовлетворения требований ГОСТ 22275-76 по крупности (класса +0,16 мм не более 11,5 %) и в дальнейшем ГОСТ 22275-90 (класса +0,16 мм не более 13,5 %) этот концентрат приходилось доизмельчать перед обезвоживанием, что снижало общий экономический эффект.

Перевод АНОФ-2 на «грубозернистую» технологию не был реализован ввиду оснащения фабрики механическими флотационными машинами ФМР-6,3 (рис. 1), не способными удовлетворительно флотировать крупнозернистый апатит, а пневмомеханические или пневматические машины, успешно осуществляющие эту операцию, в то время на фабрике отсутствовали.

АО «Апатит» на постоянной основе ведет работу по программе технического перевооружения оборудования.

В 2010 г. закончена реконструкция измельчительно-флотационного передела на АНОФ-2: в операциях основной и контрольной флотации вместо машин ФМР-6,3 установлены пневмомеханические машины ОК-38, а на пересортировке — пневматические колонные флотомашины (рис. 2), которые позволили сократить число операций с трех до одной. Данное технологическое оборудование

позволяет стабильно работать с достижением высоких показателей при флотации руды, характеризующейся минимальным содержанием шламовых фракций. На АНОФ-3 применяют только флотомашин ОК-38, которые за 25-летний период эксплуатации доказали свою эффективность и надежность. Кроме того, изменен режим сгущения с использованием высокоэффективных флокулянтов, позволяющих сократить потери апатитового концентрата со сливами сгустителей. Это дало возможность обосновать целесообразность производства в АО «Апатит» концентрата повышенной крупности [2].

Существует длительная и представительная практика переработки крупнозернистого апатитового концентрата в дигидратном режиме получения ЭФК [3, 4].

Из практики [1] известно, что существует прямая зависимость удельного расхода электроэнергии от степени измельчения руды, поэтому переход к более крупному питанию флотации обеспечивает значительную экономию энергоресурсов, а также флотационных реагентов.

Установлено, что для всех основных разновидностей хибинских апатит-нефелиновых руд почти полное раскрытие зерен апатита происходит при измельчении руды до крупности $-0,3(-0,35)$ мм.

Освоение процесса крупнозернистой флотации апатита позволяет:

- сократить переизмельчение руды и, соответственно, расход электроэнергии, измельчающих шаров, футеровки мельниц и других расходных материалов;
- увеличить производительность мельниц и продолжительность межремонтной работы оборудования в цикле измельчения;
- снизить расход дорогостоящих реагентов в связи с уменьшением удельной поверхности частиц руды, поступающей на флотацию после стадии измельчения;
- увеличить выход товарного апатитового концентрата за счет уменьшения потерь его мелких фракций со сливами сгустителей и фильтрами;
- снизить нагрузку на пылеулавливающее оборудование отделения сушки и аспирации силосного склада.

Обоснование сквозной технологической и экологической целесообразности перехода к химической переработке апатитового концентрата повышенной крупности и закономерности его разложения в процессах получения ЭФК и азотно-фосфорных удобрений были рассмотрены в работах [5–9].

Развернутое и детальное обсуждение результатов физико-химических и технологических исследований по сернофосфорнокислотному растворению различных фракций апатитового концентрата приведены в работе [10].

Результаты исследований показывают, что хибинский апатитовый концентрат, содержащий до 21,3 % фракции $+0,16$ мм, может быть успешно переработан в ЭФК практически с такими же показателями, как и стандартный апатит.

При анализе химического состава фракций, выделенных из полидисперсного апатитового концентрата, отмечаются следующие закономерности:

- наибольшее содержание P_2O_5 , CaO и F при наименьшем содержании примесей (Al_2O_3 , SiO_2 , Na_2O , K_2O , MgO, Fe_2O_3) имеют фракции $-0,1+0,5$ и $-0,16+0,1$ мм, которые, очевидно, имеют наибольшее содержание фторапатита и минимум — минералов-примесей;
- во фракции $-0,05$ мм содержится наименьшее количество P_2O_5 (около 37,5 %) и находится основная часть примесей (содержание в 1,5–2 раза выше среднего);
- увеличение содержания в концентрате фракции $+0,16$ мм сопровождается некоторым повышением содержания в нем P_2O_5 ;
- во фракции $+0,2$ мм содержание Al_2O_3 достаточно стабильное и незначительно уступает среднему в пробе;
- содержание фтора во всех фракциях практически постоянное, а содержание SiO_2 — нет; положительным фактором для стабилизации соотношения F: SiO_2 является некоторое увеличение содержания SiO_2 во фракции $+0,2$ мм по сравнению с фракцией $-0,2+0,05$ мм;
- значимые изменения среднего химического состава и по отдельным фракциям при увеличении содержания фракции $+0,16$ мм с 14,7 до 26,1 % (в том числе по содержанию Al_2O_3 и SiO_2) не наблюдаются.

Анализ полученных данных позволил не вносить существенных изменений в технологический режим сернокислотного разложения и концентрирования дигидратной и полугидратной ЭФК и получения кремнефтористо-бесводородной кислоты.

Детальные исследования процесса переработки апатитового концентрата повышенной крупности при получении ЭФК дигидратным и полугидратным способами проведены на модельной установке в ОАО «НИУИФ». Установлено, что загрузка апатитового концентрата до крупности 20 % класса $0,16$ мм не приводит к снижению технологических показателей.

Промышленные испытания производства ЭФК полугидратным способом проведены в 2004 г. в ОАО «Воскресенские минеральные удобрения», а дигидратным — на ООО «Балаковские минеральные удобрения» (с 2013 г. — Балаковский филиал АО «Апатит»), азотнокислотным способом — в ОАО «ЗМУ КЧХБ». Для проведения испытаний на АНОФ-3 были подготовлены партии апатитового концентрата, представляющие собой смесь стандартного концентрата (ГОСТ 2275-90) и концентрата марки «Супер» (массовая доля P_2O_5 — не менее 40 %, класса $+0,16$ мм — не менее 32 %). Среднее содержание P_2O_5 в опытных партиях составляло 39,2–39,5 %, класса $+0,16$ мм — 19,4–20,1 %.

Основные технологические показатели получения ЭФК при промышленной переработке апатитового концентрата повышенной крупности в сравнении с переработкой апатитового концентрата марки «Стандарт» приведены в **таблице**. Как видно, не отмечено изменений ключевых показателей процесса при переходе на апатитовый концентрат повышенной крупности для обоих способов производства ЭФК.

Результаты физико-химического исследования разложения отдельных фракций апатитового концентрата использованы при оптимизации режима переработки крупнозернистого апатитового концентрата как полидисперсного материала в полугидратном

Основные параметры и технологические показатели получения ЭФК из апатитового концентрата различной крупности (по результатам испытаний 2004 г.)

Показатель	Дигидратный способ		Полугидратный способ	
	1*	2	1**	2
Характеристика апатитового концентрата, %:				
массовая доля P_2O_5 , %	39,1	39,2	39,2	39,5
массовая доля фракции, мкм:				
+160	11,5	20,1 (17,4–25,9)	12,7	19,4 (17,1–24,2)
–71	Н. д.	Н. д.	58,4	44,5***
Питание апатитового концентрата	Смачивание циркулирующей пульпой			
Аппаратурное оформление реакционного узла	Прямоугольный железобетонный (объем 740 м ³)		Двухсекционный цилиндрический (объем 900 м ³)	
Охлаждения циркулирующей пульпы	Аппарат воздушного охлаждения			
Сульфатный режим	Однозонный низосульфатный		Двухзонный	
Расход апатитового концентрата, т/ч	40	39,9	60,5	64,3
Температура разложения, °С	81	81	93	92
Концентрация P_2O_5 в ЭФК, %	27,6	27,6	36,3	37,1
Кoeffициенты, %:				
разложения	98,7	98,6	97,5	97,4
отмывки	99	99,1	98,2	98,4
выхода	97,7	97,7	95,7	95,8
Удельный съем фильтра***, кг P_2O_5 /(м ² ·ч)	191	191	284	304
Продолжительность испытаний, ч	—	346	—	425
1 — апатитовый концентрат «Стандарт»; 2 — апатитовый концентрат повышенной крупности; * средние показатели за май и июнь 2004 г.; ** средние показатели за март и апрель 2004 г.; *** среднее по трем разовым пробам; **** расчетные значения.				

режиме получения ЭФК. В частности, из опыта освоения оптимального режима в ООО «Балаковские минеральные удобрения» были сделаны следующие выводы.

Внедрение усовершенствованного полугидратного способа производства ЭФК из хибинского концентрата мощностью 110 тыс. т P_2O_5 в год позволило увеличить производительность системы до 300–350 тыс. т P_2O_5 в год, повысить содержание P_2O_5 в ЭФК до 36–37 %, обеспечить рост технологического выхода P_2O_5 в кислоту до 96,2–96,4 % и фонда рабочего времени установки до 320–325 сут в год [9].

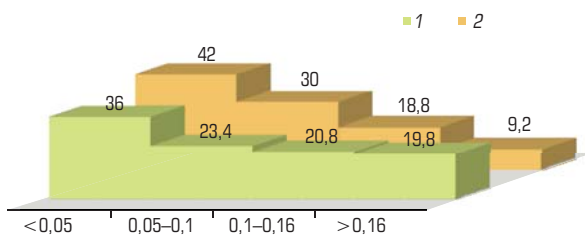


Рис. 3. Дифференциальное распределение частиц апатитового концентрата по фракциям, %:

1 — загрубленный концентрат; 2 — концентрат марки «Стандарт»

В период 2010–2012 гг. в ОАО «Аммофос» (в 2012 г. в результате слияния ОАО «Аммофос» и ОАО «Череповецкий азот» образовано ОАО «ФосАгро-Череповец») и ООО «БМУ» с участием специалистов ОАО «НИУИФ» была осуществлена промышленная переработка загрубленного апатитового концентрата в дигидратном и полугидратном режимах. В качестве ключевых характеристик фиксировали нагрузку по апатитовому концентрату и серной кислоте, содержание P_2O_5 общего и водорастворимого в фосфогипсе/фосфополугидрате, режим перемешивающих устройств, температуру в экстракторе, содержание SO_3 и плотность жидкой фазы. Полному химическому и гранулометрическому анализу подвергали поступающие на переработку промышленные партии апатитового концентрата [9]. Дифференциальное распределение частиц апатитового концентрата по фракциям приведено на **рис. 3**.

К настоящему времени на действующих предприятиях РФ, применяющих технологию серноокислотного разложения фосфатного сырья, имеются необходимые технические и технологические предпосылки для перехода на переработку апатитового концентрата повышенной крупности:

- разделение реакционной и кристаллизационной зон;
- мокрое питание экстрактора, в значительной степени снимающее локальное пересыщение при разложении апатитового концентрата и предотвращающее образование блокирующих разложение сульфатных пленок на поверхности частиц;

- применение «мягких» режимов охлаждения циркулирующей пульпы в аппаратах воздушного охлаждения, минимизирующих образование мелких зерен кристаллогидратов сульфата кальция.

Азотнокислотный способ разложения фосфатного сырья является менее чувствительным к крупности в связи с отсутствием образования малорастворимых соединений и практически полным вскрытием на первой стадии.

Наиболее распространенные аппаратно-технологические схемы азотнокислотного разложения по технологиям Norsk Hydro, BASF (Odda-процесс) приспособлены к переработке различного фосфатного сырья как по химическому, так и по гранулометрическому составу. Так, азотнокислотная система компании Norsk Hydro мощностью 136 тыс. т P_2O_5 в год рассчитана на использование апатитовых и фосфоритовых концентратов различного состава (кольский апатитовый концентрат марок «Стандарт» и «Супер», южноафриканский апатитовый концентрат Palphos 80, марокканские концентраты Khouiriga K10, K12, Boucraa, иорданский концентрат Eshidiya и др. Чешский производитель нитратных марок NP- и NPK-удобрений Lovochemic для азотнокислотного разложения фосфатного сырья использовал крупнозернистые концентраты ЮАР и кольский марки «Супер». Процесс имеет высокие технико-экономические показатели: степень разложения — более 99 %, низкие потери P_2O_5 с нитратом кальция, приемлемые показатели по холодопроизводительности, затратам электроэнергии, выходу попутного продукта — известково-аммиачной селитры или нитрата аммония и карбоната кальция. Важным фактором для выбора в качестве фосфатного сырья крупнозернистых апатитовых концентратов (более 30 % класса +0,15 мм) является наиболее низкий показатель соотношения содержания примесей и P_2O_5 , определяющий затраты на производство удобрений, и наименьшие потери концентрата при транспортировании, хранении и переработке.

В работе [11] обобщен опыт промышленной переработки различного фосфатного сырья (Марокко, Сенегал, ЮАР, Израиль и др.), что позволило выделить влияние различных факторов (содержания P_2O_5 , примесей, фракционного состава) на степень разложения при азотнокислотной переработке по схеме Odda (BASF).

Спрос на апатитовый концентрат со стороны российских предприятий, перерабатывающих его, постоянно растет, что неизбежно приводит к сокращению его экспорта. В этих условиях является актуальным и оправданным переход к производству унифицированной загрузленной марки апатитового концентрата. В соответствии с техническими условиями ТУ 2111-040-00203938-98 с изменениями № 1–4, концентрат содержит не менее 39 % P_2O_5 , а крупность — не более 20 % класса +0,16 мм.

Для потребителя при использовании загрузленного апатитового концентрата безусловными и позитивными факторами являются: существенное улучшение условий его транспортирования и выгрузки из вагонов-минераловозов и показателей работы пневмотранспорта на перерабатывающих предприятиях, а также снижение концентрации пыли апатитового концентрата в воздухе рабочих зон. Так, например, замеры запыленности рабочей зоны

на складе разгрузки вагонов показали в среднем содержание пыли в атмосфере при разгрузке загрузленного концентрата 15,1 мг/м³, при разгрузке концентрата «Стандарт» (ГОСТ 22275-90) — 60,2 мг/м³.

Таким образом, при переработке апатитового концентрата повышенной крупности подтверждена его пригодность для использования на действующих установках со сложившимся аппаратным оформлением. Переход российских производителей минеральных удобрений на апатитовый концентрат повышенной крупности является оправданным в технико-экономическом и экологическом отношении.

Библиографический список

1. Обогащение апатит-нефелиновых руд Хибинского массива / под ред. Г. А. Голованова. — Мурманск : Мурманское книжное издательство, 1967.
2. Черненко Ю. Д., Ангелов А. И., Левин Б. В. Направления оптимизации качества Кольского апатитового концентрата // Химическая промышленность. 1999. № 11. С. 56–60.
3. Low-grade rock and mining waste // Phosphorus & Potassium. 1990. No. 169. P. 28–36.
4. Phosphoric acid plant revamps // Phosphorus & Potassium. 1990. No. 170. P. 28–32.
5. Куртева О. И., Классен П. В., Талмуд М. М. и др. Исследования в области оптимизации тонины помола апатитового концентрата, используемого в производстве ЭФК // Сб. тр. НИУИФ. 1991. Вып. 260. С. 41–47.
6. Гриневич А. В., Лесовой А. В., Катунина А. Б., Кочеткова В. В. О кинетике разложения хибинского апатитового концентрата в условиях дигидратного процесса производства ЭФК // Сб. тр. НИУИФ. 1991. Вып. 260. С. 48–64.
7. Гриневич А. В., Классен П. В., Катунина А. Б. и др. Результаты разработки технологии ЭФК из хибинского апатитового концентрата загрузленного помола // Сб. тр. НИУИФ. 1991. Вып. 260. С. 65–86.
8. Гриневич А. В., Кочеткова В. В., Катунина А. Б. и др. Образование сульфатных пленок на поверхности зерна и их структура при получении ЭФК дигидратным методом // Журнал прикладной химии. 1980. № 3. С. 616–617.
9. Гриневич А. В. Закономерности химического растворения хибинского апатитового концентрата применительно к производству ЭФК // Сб. тр. НИУИФ. 2009. С. 216–250.
10. Гриневич А. В. и др. Опыт реконструкции полугидратных систем ЭФК на ОАО «Аммофос» и внедрение полугидратного процесса на ООО «Балаковские минеральные удобрения» // Сб. тр. НИУИФ. 2009. С. 250–263.
11. Patwa M. R., Shamsi M. I. Technology upgradation by breakthrough innovations GNFC experience with Nitrophosphate Odda Process // IFA Technical Conference. 1998. P. 71–76. [ГЖ](#)

Левин Борис Владимирович,
e-mail: info@niuif.ru
Калугин Александр Иванович,
e-mail: AKalugin@phosagro.ru

Title	Efficiency of dressing and acid treatment of oversize apatite concentrate produced by Apatit JSC
Author 1	Name & Surname: Levin B. V.
	Company: Research Institute for Fertilizers and Insectofungicides (NIUIF) (Moscow, Russia)
	Work Position: General Director
	Scientific Degree: Candidate of Engineering Sciences
	Contacts: e-mail: info@niuif.ru
Author 2	Name & Surname: Kalugin A. I.
	Company: Apatit JSC (Kirovsk, Russia)
	Work Position: Technical Director—Chief Engineer
	Scientific Degree: Candidate of Engineering Sciences
Abstract	<p>Apatit JSC, the world's largest producer of apatite concentrate, develops the Khibiny apatite-nepheline ore deposits. The company produces one of the world's best phosphate fertilizer represented by the apatite concentrate with P₂O₅ content over 39% and the least content of toxic elements as compared with the other known phosphate concentrates.</p> <p>The characteristics of the marketable apatite concentrates, i.e. P₂O₅ content and grain-size composition, are mainly conditioned by: Material composition, texture and structure of ore, including the size of shots of minerals, first of all, apatite shots; Engineering capabilities of processing equipment, mainly, flotation machines; Consumer requirements concerned with technology of processing.</p> <p>The methods of processing of apatite concentrate have evolved. Earlier, apatite concentrates were used to produce superphosphate, which required a fine disperse feedstock, whereas recently the concentrates are mainly processed to obtain wet-process phosphoric acid and compound fertilizers.</p> <p>Grain-size composition of feedstock is the determinant of the apatite concentrate treatment process conditions.</p> <p>The article reports the results of commercial tests of the oversize apatite concentrate treatment by sulfuric and nitric acids. It is emphasized that the equipment currently in use for production of wet-process phosphoric acid and compound fertilizers is totally suitable for the oversize apatite concentrate processing.</p>
Keywords	Apatite-nepheline ore, apatite concentrate, concentrate size, chemical processing, mineral fertilizers, wet-process phosphoric acid.
References	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Obogashchenie apatit-nefelinovykh rud Khibinskogo massiva</i> (Concentration of apatite-nepheline ores of Khibiny massif). Under the editorship of G. A. Golovanov. Murmansk : Murmansk book publishing house, 1967. 2. Chernenko Yu. D., Angelov A. I., Levin B. V. Napravleniya optimizatsii kachestva Kolskogo apatitovogo kontsentrata (Ways of optimization of Kola apatite concentrate quality). <i>Khimicheskaya promyshlennost</i> = Chemical industry. 1999. No. 11. pp. 56–60. 3. Low-grade rock and mining waste. Phosphorus & Potassium. 1990. No. 169. pp. 28–36. 4. Phosphoric acid plant revamps. Phosphorus & Potassium. 1990. No. 170. pp. 28–32. 5. Kurteva O. I., Klassen P. V., Talmud M. M. et al. Issledovaniya v oblasti optimizatsii toniny pomola apatitovogo kontsentrata, ispolzuemogo v proizvodstve ekstraktsionnoy fosfornoj kisloty (Researches in the area of optimization of fineness of milling of apatite concentrate, used in production of wet-process phosphoric acid). <i>Trudy Nauchno-issledovatel'skogo instituta po udobreniyam i insektofungitsidam</i> = Proceedings of Research Institute for Mineral Fertilizers. 1991. Iss. 260. pp. 41–47. 6. Grinevich A. V., Lesovoy A. V., Katunina A. B., Kochetkova V. V. O kinetike razlozheniya khibinskogo apatitovogo kontsentrata v usloviyakh digidratnogo protsessa proizvodstva ekstraktsionnoy fosfornoj kisloty (About kinetics of decomposition of Khibiny apatite concentrate in conditions of dehydrate process of wet-process phosphoric acid manufacturing). <i>Trudy Nauchno-issledovatel'skogo instituta po udobreniyam i insektofungitsidam</i> = Proceedings of Research Institute for Mineral Fertilizers. 1991. Iss. 260. pp. 48–64. 7. Grinevich A. V., Klassen P. V., Katunina A. B. et al. Rezultaty razrabotki tekhnologii ekstraktsionnoy fosfornoj kisloty iz khibinskogo apatitovogo kontsentrata zagrublennogo pomola (Results of development of wet-process phosphoric acid technology from coarse grinding Khibiny apatite concentrate). <i>Trudy Nauchno-issledovatel'skogo instituta po udobreniyam i insektofungitsidam</i> = Proceedings of Research Institute for Mineral Fertilizers. 1991. Iss. 260. pp. 65–86. 8. Grinevich A. V., Kochetkova V. V., Katunina A. B. et al. Obrazovanie sulfatnykh plenok na poverkhnosti zerna i ikh struktura pri poluchenii ekstraktsionnoy fosfornoj kisloty digidratnym metodom (Formation of sulfate films on grain surface and their structure in the time of obtaining of extraction phosphorous acid by dehydrate method). <i>Zhurnal prikladnoy khimii</i> = Russian Journal of Applied Chemistry. 1980. No. 3. pp. 616–617. 9. Grinevich A. V. Zakonomernosti khimicheskogo rastvoreniya khibinskogo apatitovogo kontsentrata primenitelno k proizvodstvu ekstraktsionnoy fosfornoj kisloty (Regularities of chemical dissolution of Khibiny apatite concentrate, applied to production of wet-process phosphoric acid). <i>Trudy Nauchno-issledovatel'skogo instituta po udobreniyam i insektofungitsidam</i> = Proceedings of Research Institute for Mineral Fertilizers. 2009. pp. 216–250. 10. Grinevich A. V. et al. Opyt rekonstruktsii polugidratnykh sistem ekstraktsionnoy fosfornoj kisloty na Otkrytom Aktsionerom Obshchestve “Ammofos” i vnedrenie polugidratnogo protsessa na Obshchestve s Ogranichennoy Otvetstvennostyu “Balakovskie mineralnye udobreniya” (Experience of reconstruction of semi-hydrate systems of wet-process phosphoric acid at JSC «Ammofos» and introduction of semi-hydrate process at LLC «Balakovo Mineral Fertilizers»). <i>Trudy Nauchno-issledovatel'skogo instituta po udobreniyam i insektofungitsidam</i> = Proceedings of Research Institute for Mineral Fertilizers. 2009. pp. 250–263. 11. Patwa M. R., Shamsi M. I. Technology upgradation by breakthrough innovations GNFC experience with Nitrophosphate Odda Process. IFA Technical Conference. 1998. pp. 71–76.