

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>

Russian journal of transport engineering

2019, №2, Том 6 / 2019, No 2, Vol 6 <https://t-s.today/issue-2-2019.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/01SATS219.pdf>

DOI: 10.15862/01SATS219 (<http://dx.doi.org/10.15862/01SATS219>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Кочетков А.В., Щеголева Н.В., Коротковский С.А., Талалай В.В., Васильев Ю.Э., Шашков И.Г. Условия получения фосфогипса как отхода – побочного продукта производства азотно-фосфорных удобрений // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2019 №2, <https://t-s.today/PDF/01SATS219.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/01SATS219

For citation:

Kochetkov A.V., Shchegoleva N.V., Korotkovskiy S.A., Talalai V.V., Vasilyev Yu.E., Shashkov I.G. (2019). Conditions of receiving a phosphite as withdrawal – a by-product of production of nitrogen-phosphorus fertilizers. *Russian journal of transport engineering*, [online] 2(6). Available at: <https://t-s.today/PDF/01SATS219.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/01SATS219

УДК 625.7/.8; 628.567.1

Кочетков Андрей Викторович

ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, Россия
Профессор
Доктор технических наук, профессор
E-mail: soni.81@mail.ru

Щеголева Наталья Вячеславовна

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Саратов, Россия
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: Shegoleva123@mail.ru

Коротковский Сергей Алексеевич

ФГБОУ «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», Саратов, Россия
Начальник отдела
E-mail: korotkovca@mail.ru

Талалай Виктор Вячеславович

ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет», Москва, Россия
Старший преподаватель
E-mail: talalay@bk.ru

Васильев Юрий Эммануилович

ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет», Москва, Россия
Заведующий кафедрой
Доктор технических наук, доцент
E-mail: vashome@yandex.ru

Шашков Игорь Геннадиевич

ФГКВУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» Министерства обороны Российской Федерации, Воронеж, Россия
Старший преподаватель
Кандидат технических наук
E-mail: igoshashkov@yandex.ru

Условия получения фосфогипса как отхода – побочного продукта производства азотно-фосфорных удобрений

Аннотация. Применение фосфогипса для строительства автомобильных дорог является целесообразным по экономическим и экологическим соображениям. Наиболее эффективно использование полугидратной формы фосфогипса для строительства местных дорог. Одним из сдерживающих факторов широкого использования фосфогипса в дорожном строительстве является отсутствие должной нормативной базы.

При производстве экстракционной фосфорной кислоты на Балаковском филиале АО «Апатит» используется метод сернокислотного разложения фосфорсодержащего сырья серной кислотой в избытке фосфорной кислоты с последующим разделением полученной фосфорной кислоты (жидкая фаза) и образованного кристаллогидрата сульфата кальция в полу- или дигидратной форме (твердая фаза) на вакуумной фильтрации. Дигидратный и полугидратный процесс сернокислотного получения фосфорной кислоты наряду с двустадийными процессами являются наиболее экономически эффективными процессами.

Ключевые слова: фосфогипс; дигидрат; полугидрат; автомобильная дорога; конструкционный слой; основание; побочный продукт; строительство; полигон

Введение

Уровень развития транспортной инфраструктуры определяет эффективность решения задач устойчивого экономического роста, повышения конкурентоспособности отечественной продукции укрепления национальной безопасности государства.

В этой связи наиболее актуальными в дорожной отрасли являются проблемы эффективного повышения эксплуатационных показателей материалов, используемых в транспортных сооружениях, влияющих на уровень качества дорожного покрытия.

Наиболее перспективным направлением является использование при устройстве дорожных конструкций отходов различных производств.

Использование в качестве источников сырья техногенных месторождений относится к разряду стратегических направлений в развитии наиболее материалоемкой отрасли строительных материалов.

Количество накопленных отходов фосфогипса в России измеряется сотнями миллионов т. По оценкам экспертов к настоящему времени в отвалах предприятий РФ накоплено 140–200 млн т фосфогипса. Отвальный фосфогипс является дигидратом сульфата кальция. Ежегодно количество этих отходов увеличивается на 14 млн т.

Вопросы утилизации фосфогипса обсуждается и рассматривается со второй половины прошлого века. Устойчивый интерес к разработке способов получения материалов и конструкций с применением фосфогипса обусловлен, прежде всего, его доступностью и невысокой стоимостью.

Отечественными и зарубежными учеными проведены обширные теоретические и экспериментальные исследования по вопросам складирования, хранения, содержания отвалов, влияния на окружающую среду, структурообразования материалов на основе фосфогипса, применения фосфогипса, результаты которых отражены в многочисленных публикациях [1–8].

В России крупнейшими холдингами в промышленности минеральных удобрений являются «УралХим», «Апатит», «ЕвроХим» и т. д. Предприятия располагаются в Московской,

Мурманской, Ленинградской, Саратовской областях, Пермском крае. Для размещения отвалов фосфогипса из сферы лесного и сельского хозяйства изымаются значительные площади ценных земель.

Проблему утилизации фосфогипса в России нельзя признать решенной. В настоящее время и в большинстве зарубежных стран, в связи со сложившимися производственно-экономическими условиями, переработка и применение фосфогипса в промышленных масштабах нерентабельны, и он практически весь складывается на специально спроектированных объектах размещения. Запасы фосфогипса продолжают накапливаться, между тем он используется, согласно статистическим данным, только на 0,2 %, а по самым оптимистичным оценкам – 2 % в год. В то же время в некоторых публикациях отмечается, что в Германии, Бельгии, Японии степень использования фосфогипса составляет около 100 %.

С учетом общего состояния экономики страны представляется целесообразной и перспективной разработка и применение технологий утилизации фосфогипса с получением многотоннажных продуктов.

Количество накопленных отходов фосфогипса в России измеряется сотнями млн т.

Более пятидесяти млн т фосфогипса находится на полигоне АО «Апатит» (г. Балаково, Саратовской области).

Вопросы утилизации фосфогипса обсуждаются и рассматриваются со второй половины прошлого века. Устойчивый интерес к разработке способов получения материалов и конструкций с применением фосфогипса обусловлен, прежде всего, его доступностью и невысокой стоимостью.

В настоящее время сложились социальные, экологические, экономические, и технологические предпосылки для активного освоения техногенных месторождений. Всего на территории страны в отвалах и хранилищах накоплено более 80 млрд т твердых отходов. Проблема утилизации отходов остро стоит во всем мире. Техногенные материалы существенно осложняют экологическую ситуацию.

Объем отходов, обладающих патогенными свойствами, составляет около 1,6 млрд т. Экологическая мотивация утилизации техногенных отходов отражается в качестве первостепенной в общегосударственных программах развития общества. Социальный аспект утилизации техногенного сырья в условиях кризиса заключается в создании дополнительных рабочих мест на предприятиях по его переработке.

Экономическая целесообразность применения промышленных отходов определяется более низкой стоимостью по сравнению с природным сырьем, за счет исключения затрат на добычу из недр, транспортирования на завод, дробление и помол природного сырья.

По оценкам специалистов использование промышленных отходов позволяет покрыть до 40 % потребности строительной отрасли в сырьевых ресурсах, на 30 % сократить затраты на производство строительных материалов по сравнению с изготовлением их из природного сырья.

Задачей является выявление направлений перспективного использования отходов фосфогипса в устройстве конструктивных слоев транспортных сооружений из фосфогипса полугидрата.

Анализ технологии производства фосфогипса

Применение фосфогипса для строительства автомобильных дорог является целесообразным по экономическим и экологическим соображениям. Наиболее эффективно

использование полугидратной формы фосфогипса для строительства местных дорог. Одним из сдерживающих факторов широкого использования фосфогипса в дорожном строительстве является отсутствие должной нормативной базы.

Технический гипс – сырье с высокими однородными показателями. То есть не требуется подбор рецептур, его специальная подготовка. Гипс идеально подходит для возведения и ремонта дорог 3, 4 и 5 категории, а также сельских дорог.

В зависимости от содержания сульфата кальция (CaSO_4) и воды гипс технический выпускают трех марок:

- марка А – основное вещество – дигидрат сульфата кальция ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$);
- марка Б – основное вещество – полугидрат сульфата кальция ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$);
- марка В (для строительства автомобильных дорог) – основное вещество – полугидрат сульфата кальция ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$). Используется не позднее десяти часов после выхода из цеха фосфорной кислоты предприятия-изготовителя.

Гипс технический марки А является стабильным кристаллогидратом сульфата кальция, его свойства при хранении не изменяются. Гипс технический марки Б является метастабильным кристаллогидратом сульфата кальция, при хранении возможны его гидратация и схватывание.

В процессе производства фосфорных удобрений на Балаковском филиале АО «Апатит» использовались технологии, при которых образовывались две разновидности фосфогипса: полугидрат ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$) и дигидрат ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) сульфата кальция. Отвальное хозяйство включает в себя два отвала. Первый отвал, являющийся наиболее старым по возрасту, сформирован полностью из дигидрата сульфата кальция. Второй имеет более сложное строение: нижняя часть мощностью от 15 до 35 м сложена дигидратом сульфата кальция, а верхняя – мощностью 20–28 м представлена смесью в соотношении 1:1 двух разновидностей фосфогипса – дигидрата и полугидрата. Максимальная высота отвальных сооружений достигает 60 м, фактические углы наклона откосов изменяются от 25° до 40°.

Фосфогипс – полидисперсный материал серо-белого цвета, представленный агрегатами частиц, комками с межагрегатными пустотами. Он содержит примеси неорганических и органических соединений, водно-растворимых и водно-нерастворимых, адсорбированных на поверхности кристаллов и встроенных в кристаллическую решетку. Фосфогипс проявляет тиксотропные свойства, т. е. способен разжижаться при механических воздействиях (вибрации, перемешивании, встряхивании). Среднее содержание фторидов в фосфогипсе в зависимости от исходного сырья составляет 0,05–0,4 %, влажность – от 30 до 40 %.

Производство экстракционной фосфорной кислоты с использованием серной кислоты сопровождается образованием твердого побочного продукта производства – фосфогипса. На 1 т получаемой фосфорной кислоты, в зависимости от сырья и принятой технологии, образуется от 2 до 6 т фосфогипса [1; 2; 3; 5].

Свежеприготовленный фосфогипс имеет температуру 90 °С–105 °С и содержит 25–40 % воды. Свойства полугидрата и дигидрата существенно отличаются. Непосредственно после приготовления полугидрат обладает в максимальной степени вяжущими свойствами и постепенно переходит в дигидрат, превращаясь в гипсовый камень. Продолжительность этого перехода зависит от содержания в фосфогипсе фосфорной кислоты, температуры окружающей среды и изменяется от нескольких часов до нескольких суток. Дигидрат вяжущими свойствами не обладает, в отвалах он постепенно теряет воду и превращается в белый порошок.

При производстве экстракционной фосфорной кислоты на Балаковском филиале АО «Апатит» используется метод сернокислотного разложения фосфорсодержащего сырья серной кислотой в избытке фосфорной кислоты (ортофосфорная кислота) с последующим разделением

полученной фосфорной кислоты (жидкая фаза) и образованного кристаллогидрата сульфата кальция в полу- или дигидратной форме (твердая фаза) на вакуумной фильтрации. Дигидратный и полугидратный процесс сернокислотного получения фосфорной кислоты наряду с двустадийными процессами являются наиболее экономически эффективными процессами.

Получение фосфорной кислоты – многостадийный процесс ряда гетерофазных реакций, при котором происходит взаимодействие фторапатита с фосфорной кислотой с переходом фосфатных анионов и катионов кальция в раствор («экстракция» фосфорной кислоты и образование новой твердой фазы сульфата кальция с выводом из раствора анионов сульфата и катионов кальция с образованием новой фазы – гипса. При гетерогенном взаимодействии наряду с активностью исходных реагентов и продуктов реакции в растворе определяющим фактором протекания реакций является состояние поверхности твердой фазы и крупность исходного твердого реагента (в связи с тем, что удельная поверхность частиц является функцией их размера).

Размер исходного зерна фторапатита должен соответствовать скорости разнонаправленных реакций, при которых с одной стороны происходит его разрушение с другой – одновременное блокирование его поверхности вновь образующейся твердой фазой сульфата кальция, т. е. обеспечить полное растворение зерна до того, как его поверхность будет полностью заблокирована фазой сульфата кальция.

На предприятии перерабатывается высокосортное (наибольшее содержание целевого компонента P_2O_5 не менее 39,0 %) и высококачественное фосфорсодержащее сырье (незначительное содержание технологически значимых примесей – магния, полуторных оксидов, практическое отсутствие вредных нормируемых примесей) только собственного производства – апатитовый концентрат. Сырье сторонних поставщиков, в том числе осадочного происхождения, при выпуске фосфорной кислоты не используется.

Апатитовый концентрат является продуктом переработки апатитовой руды вулканического происхождения Хибинского месторождения Кольского полуострова. Производство апатитового концентрата – промышленный процесс с контролем технологии на всех стадиях, что позволяет получать готовую продукцию – апатитовый концентрат в соответствии с требованиями ТУ 2111-040-00203938-98 с изменениями 1–5, определяющим параметры качества и допустимое содержание примесей.

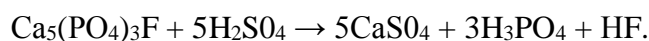
Согласно предложенной специалистами Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А. методики оценки экологической безопасности фосфатного сырья апатитовый концентрат, произведенный на основе сырья Хибинского месторождения Кольского полуострова является одним из наиболее экологически безопасных видов сырья.

Производство экстракционной фосфорной кислоты (ПЭФК) основано на сернокислотном разложении фосфорсодержащего сырья при различных температурах и концентрациях фосфорной кислоты (дигидратный и полугидратный способы) с разделением потоков экстракционной фосфорной кислоты и осадка сульфата кальция. ПЭФК включает также производство упаренной экстракционной фосфорной кислоты и осветленной упаренной фосфорной кислоты. Технологически и функционально объект складирования сульфата кальция (в исторически сложившейся на предприятии терминологии отвал фосфогипса (полигон вторичных материалов и отходов) также входит в ПЭФК, осуществляющем постоянное размещение отходов в соответствии с утвержденным регламентом эксплуатации отвала и производственный контроль.

Основное сырье для производства: кислота серная техническая, концентрат апатитовый, фосфоритовый концентрат.

1. В состав ПЭФК входят 4 экстракции (ЭФК-1,2 и ЭФК-3,4).
2. В состав отделения ЭФК-1,2 входят две технологические линии по производству экстракционной фосфорной кислоты отделение экстракционной фосфорной кислоты № 1 (ЭФК-1), отделение экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК-2), а также отделение упарки с шестью вакуум-выпарными установками ВВУ-1–6) и установка осветления упаренной фосфорной кислоты «Ламелло».
3. В состав отделения ЭФК-3,4 входят две технологические линии по производству экстракционной фосфорной кислоты – отделения № 3 (ЭФК-3) и № 4 (ЭФК-4), а также отделение упарки с тремя вакуум-выпарными установками (ВВУ-7–9) и установка осветления упаренной фосфорной кислоты «Ламелло».
4. Технологический процесс производства неупаренной экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) аналогичен для всех экстракций и состоит из следующих стадий:
 - прием и хранение апатитового концентрата в отделении подготовки;
 - сырья транспортировка апатитового концентрата в экстрактор;
 - прием серной кислоты и подача ее в экстрактор;
 - разложение фосфорсодержащего сырья серной кислотой с получением фосфорной кислоты и фосфогипса (дигидрата и полугидрата сульфата кальция);
 - циркуляция и охлаждение пульпы в аппарате воздушного охлаждения;
 - фильтрация пульпы на карусельном вакуум-фильтре;
 - удаление фосфогипса;
 - улавливание фтористых соединений;
 - подача отвод и охлаждение оборотной воды;
 - хранение продукционной кислоты, передача ее на концентрирование, осветление, производство удобрений, производство полифосфорной кислоты и отгрузки.
5. Фосфорсодержащее сырье прибывает в минераловозах и зерновозах. Разгрузка производится в точечном приемном устройстве. Затем сырье подается на хранение силоса. Силос представляет собой вертикальную цилиндрическую железобетонную емкость.
6. Из силосов фосфорсодержащее сырье подается в приемные бункера, из которых в дальнейшем дозируется в экстрактор. В экстракторе происходит разложение фосфорсодержащего сырья смесью водных растворов серной и фосфорной кислот. Экстрактор представляет собой железобетонный аппарат с плоским днищем, футерованный кислотоупорным кирпичом. Серная кислота поступает по трубопроводам со склада кислоты сернокислотного производства. В результате разложения образуется фосфорная кислота и фосфогипс.

Из экстрактора пульпа поступает на фильтрацию для отделения фосфорной кислоты и промывки фосфогипса, который отфильтровывается от раствора на карусельном или ленточном вакуум-фильтре:



Фильтрация пульпы из экстрактора осуществляется на трех карусельных и ленточных вакуум-фильтрах. Карусельный вакуум-фильтр состоит из 24 отдельных ковшей.

На днищах ковшей на решетке уложена фильтровальная ткань. Ковши установлены на каретках с колесиками, движущимися по круговым рельсам.

При помощи двух шайб, образующих головку фильтра, подвижной (вращающейся вместе с ковшами) и неподвижной – фильтраты отсасываются с помощью вакуума в соответствующие сборники через эластичные шланги, соединяющие ковш с головкой фильтра.

Обе шайбы головки имеют ряд отверстий. Подвижная шайба вращается по неподвижной, отверстия одной поочередно совпадают с отверстиями другой. При этом происходит попеременное сообщение ковшей с соответствующими ресиверами (сепараторами), соединенными трубопроводами с отверстиями неподвижной шайбы. Так происходит последовательное отделение первого (основного) и других (промывочных) фильтратов. Ковш с отфильтрованным фосфогипсом последовательно проходит зону фильтрации фосфорной кислоты и промывок и опрокидывается для выгрузки фосфогипса.

Далее фильтроткань и сами ковши промываются струей оборотной воды и вновь возвращаются в первоначальное положение, после чего ковш подготовлен для заливки пульпы. Далее цикл повторяется.

Таки образом цикл работы каждого ковша состоит из фильтрования, обезвоживания осадка, четырех промывок осадка с промежуточным его обезвоживанием, разгрузки фосфогипса и регенерации фильтровальной ткани. Последняя промывка фосфогипса производится чистой оборотной водой. Промытый и просушенный осадок фосфогипса при перевороте лотка выгружается в бункер на ленточный питатель.

Схема узла фильтрации фосфогипса на ленточном вакуум-фильтре ЛВФ), состав оборудования узла и принцип его компоновки в основном аналогичны узлам фильтрации на карусельных вакуум-фильтрах (КВФ). Используется четырехпромывочная противоточная схема с зоной предфильтрации.

ЛВФ – фильтр с постоянным вакуумом, основными компонентами которого являются бесконечная резиновая лента с поперечными канавками и перфорационными отверстиями, движущаяся горизонтально с помощью привода и натяжного ролика, вакуум создается с помощью вакуум-насоса и специальной вакуумной камеры. Одновременно лента служит опорой для фильтровальной ткани. На ЛВФ пульпа подается из двухсекционного реактора погружным насосом.

Фильтровальная ткань, через которую производится отсос жидкости в вакуумную камеру, подсоединенную к источнику вакуума с помощью отдельных соединительных устройств, перемещается вместе с резиновой лентой. Для промывки фосфополугидрата промывочная жидкость подается на отфильтрованный фосфополугидрат посредством распределительного желоба.

После фильтрации и промывки отфильтрованного фосфополугидрата производится его осушка путем просасывания воздуха через пирог фосфополугидрата (последняя секция ленточного фильтра). После осушки фосфополугидрат выгружается и подается в систему транспортировки. Затем производится промывка фильтровальной ткани коллекторами, оснащенными плоскими струйными соплами. Промывка осуществляется подготовленной (нагретой и очищенной) водой. Перемещение резиновой ленты и движение фильтровальной ткани, подача пульпы, подача промывочной жидкости, сушка осадка и промывка ткани осуществляются непрерывно.

В 2014 г. произошел перевод производства экстракционной фосфорной кислоты на переработку апатитового концентрата более заглубленного помола и были внесены изменения в технологический регламент. Остаток на сите О16К увеличился с 13,5 до 30 %, содержание P_2O_5 при этом сохранилось на прежнем уровне менее 39,0 %. При переработке такого апатитового концентрата в регламентном режиме увеличились потери P_2O_5 с фосфогипсом за счет неполного разложения апатитового концентрата, что потребовало корректировки

технологических параметров, прежде всего, в части сульфатного режима. Ключевые параметры ведения технологического процесса сохранились в пределах регламентных значений, однако пределы их изменения были сужены для обеспечения достигнутого коэффициента выхода P_2O_5 . В целом технический процесс переработки апатитового концентрата остался неизменным.

Изменение параметров технологического режима путем увеличения расхода воды на конечную промывку фосфогипса обеспечили глубокую отмывку фосфогипса от свободной фосфорной кислоты и водорастворимых соединений фтора.

По результатам химического анализа проб, отмытого таким образом фосфогипса, экспериментальными методами был определен пятый класс опасности фосфогипса в соответствии с действующим критериями отнесения отходов к классам опасности.

По теме применения фосфогипса авторами получено два патента¹.

ЛИТЕРАТУРА

1. Игленкова, М.Г. Физико-химические закономерности получения композиционных материалов на основе фосфогипса: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук, Саратов. 2013.
2. Кочеткова Р.Г. Усиление вяжущих свойств гипсосодержащих техногенных грунтов. – М.: (МАДИ (ГТУ)) <http://www.rador.ru/activities/totals/2008/program/12131108/04.pdf>.
3. Кочеткова Р.Г. Новые материалы и технологии для строительства дорог и зданий дорожного сервиса. – М.: МАДИ (ГТУ). <http://www.rador.ru/activities/totals/2008/program/12131108/04.pdf>.
4. Мещеряков Ю.Г., Федоров С.В. Промышленная переработка фосфогипса. – СПб: Стройиздат, 2007. – 104 с.
5. Яшин С.О. Технология и свойства модифицированных фосфогипсом битумоминеральных композиций: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, Ставрополь. 2013 <http://www.dissercat.com/content/tekhnologiya-i-svoistva-modifitsirovannykh-fosfogipsom-bitumomineralnykh-kompozitsii#ixzz4OB1KpzKX>.
6. Перспективы использования фосфогипса в производстве асфальтобетона / Д.В. Герасимов, А.А. Игнатъев, В.М. Готовцев, И.В. Голиков // Дороги и мосты. 2018, № 40. – С. 304–315.
7. Применение фосфогипса для строительства автомобильной дороги / Коротковский С.А., Талалай В.В., Кочетков А.В., Янковский Л.В. // В сборнике: I Международная научно-техническая конференция «Долговечность и надежность строительных материалов и конструкций в эксплуатационной среде» 2017. – С. 264–273.
8. Кочетков А.В., Янковский Л.В. Применение фосфогипса для строительства монолитных слоев дорожной одежды / Журнал Пермского национального исследовательского политехнического университета. Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2017, № 4. С. 91–102. DOI 10.15593/24111678/2017.04.07.

¹ Патент РФ № 2662493. Способ получения битумной эмульсии и битумная эмульсия. Патентообладатель А.В.Кочетков. Оpubл. 26.07.2018. Бюл. № 21.

Патент РК № 33291. Кадыров Ж.Н., Кочетков А.В., Талалай В.В., Коротковский С.А., Андронов С.Ю., Талалай М.В., Кочетков Д.А. Способ изготовления гранулированного фосфогипса. Оpubл. 23.11.2018. Бюл. № 44.

Kochetkov Andrey Viktorovich

Perm national research polytechnical university, Perm, Russia
E-mail: soni.81@mail.ru

Shchegoleva Natal'ya Vyacheslavovna

Saratov state technical university of Gagarin Yu.A., Saratov, Russia
E-mail: Shchegoleva123@mail.ru

Korotkovskiy Sergey Alekseevich

Saratov national research state university name's N.G. Chernyshevsky, Saratov, Russia
E-mail: korotkovca@mail.ru

Talalai Victor Vyacheslavovich

Moscow automobile and road state technical university, Moscow, Russia
E-mail: talalay@bk.ru

Vasilyev Yury Emmanuilovich

Moscow automobile and road state technical university, Moscow, Russia
E-mail: vashome@yandex.ru

Shashkov Igor Gennadiyevich

Military and air academy of a name of professor N.E. Zhukovskogo and Yu.A. Gagarin, Voroneg, Russia
E-mail: igoshashkov@yandex.ru

Conditions of receiving a phosphite as withdrawal – a by-product of production of nitrogen-phosphorus fertilizers

Abstract. Application of a phosphite for construction of highways is expedient for economic and ecological reasons. Most effective use of a semi-hydrate form of a phosphite for construction of local roads. One of limiting factors of wide use of a phosphite in road construction is lack of due regulatory base.

By production of extraction phosphoric acid on the Balakovo branch JSC Apatit the method of vitriolic decomposition of phosphorus-containing raw materials by sulfuric acid a lot of phosphoric acid with the subsequent division of the received phosphoric acid (a liquid phase) and educated crystalline hydrate of sulfate of calcium in a floor – or a digidratny form (a firm phase) on a vacuum filtration is used. Digidratny and semi-hydrate process of vitriolic receiving phosphoric acid along with two-phasic processes are the most economically effective processes.

Keywords: phosphogypsum; dihydrate; hemihydrate; road; structural layer; a base; a by-product; the construction of the landfill

REFERENCES

1. Iglenkova M.G. (2013). Fiziko-khimicheskie zakonomernosti polucheniya kompozitsionnykh materialov na osnove fosfogipsa. [*Physico-chemical patterns of obtaining composite materials based on phosphogypsum.*] Saratov.
2. Kochetkova R.G. (n.d.). Usilenie vyazhushchikh svoystv gipsosoderzhashchikh tekhnogennykh gruntov. [*Strengthening the binding properties of gypsum-containing man-made soils.*] Moscow: Moscow Automobile and Highway State Technical University [online]. Available at: <http://www.rador.ru/activities/totals/2008/program/12131108/04.pdf>.
3. Kochetkova R.G. (n.d.). Novye materialy i tekhnologii dlya stroitel'stva dorog i zdaniy dorozhnogo servisa. [*New materials and technologies for the construction of roads and road service buildings.*] Moscow: Moscow Automobile and Highway State Technical University [online]. Available at: <http://www.rador.ru/activities/totals/2008/program/12131108/04.pdf>.
4. Meshcheryakov Yu.G., Fedorov S.V. (2007). Promyshlennaya pererabotka fosfogipsa. [*Industrial processing of phosphogypsum.*] Saint Petersburg: Stroizdat.
5. Yashin S.O. (2013). Tekhnologiya i svoystva modifitsirovannykh fosfogipsom bitumomineral'nykh kompozitsiy. [*Technology and properties of phosphogypsum-modified bituminous mineral compositions.*] Stavropol. [online]. Available at: <http://www.dissercat.com/content/tekhnologiya-i-svoystva-modifitsirovannykh-fosfogipsom-bitumomineralnykh-kompozitsii#ixzz4OB1KpzKX>.
6. Gerasimov D.V., Ignat'ev A.A., Gotovtsev V.M., Golikov I.V. (2018). Prospects for the use of phosphogypsum in the production of asphalt. *Roads and bridges*, 40, pp. 304–315 (in Russian).
7. Korotkovskiy S.A., Talalay V.V., Kochetkov A.V., Yankovskiy L.V. (2017). Primenenie fosfogipsa dlya stroitel'stva avtomobil'noy dorogi. [*The use of phosphogypsum for the construction of roads.*] pp. 264–273.
8. Kochetkov A.V., Yankovskiy L.V. (2017). The use of phosphogypsum for the construction of monolithic layers of pavement. *Journal of Perm National Research Polytechnic University. Transport. Transport facilities. Ecology*, 4, pp. 91–102 (in Russian). DOI: 10.15593/24111678/2017.04.07.