

# **ВЛИЯНИЕ ОТХОДОВ ФОСФОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ЕГО НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

## **IMPACT OF PHOSPHORUS PRODUCTION WASTES AT THE ENVIRONMENT AND WAYS TO REDUCE ITS NEGATIVE IMPACT**

**A. A. Айтимбетова, Р. А. Исаева, Н. К. Жорабаева, К. Рахмет, А. Жанибеков**  
**A. A. Aitimbetova, R. A. Isaeva R, N. K. Zhorabaeva, K. Rakhmet, A. Zhanibekov**

*Южно-Казахстанский государственный университет им.М.Ауэзова,*

*г.Шымкент, Казахстан*

*asekam 10@mail.ru*

*South Kazakhstan State University named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan*

Утилизация промышленных отходов и создание малоотходных производств является одним из основных направлений повышения экологической безопасности в химической промышленности, энергетике, металлургии и других отраслях. При этом весьма приоритетной является утилизация и обезвреживание образующихся промышленных отходов в источнике их образования, что соответствует хорошо известной в настоящее время концепции СКОВИО (сокращение количества отходов в источнике образования). Для химических предприятий, выпускающих фосфорную кислоту и удобрения, проблема экологической безопасности во многом связана с недопущением контакта таких отходов, как фосфогипс и известковый шлам с подвижными компонентами природной среды.

Utilization of industrial waste and creation of low-waste industries is one of the main directions of improving environmental safety in the chemical industry, energy, metallurgy and other industries. At the same time, utilization and neutralization of generated industrial waste at the source of their generation is very priority, which corresponds to the currently well-known SKOVIO concept (reduction of the amount of waste at the source of generation). For the chemical plants producing phosphoric acid and fertilizers, the environmental safety problem is largely related to preventing contact of such waste products as phosphogypsum and lime mud with mobile components of the natural environment.

*Ключевые слова:* фильтрация, фосфогипс, ЭФК , экстракция, полиакриламид(ПАА), экологический риск.

*Keywords:* filtration, phosphogypsum, EPA, extraction, polyacrylamide (PAA), environmental risk.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2020-2-339-342>

В условиях интенсивной антропогенной деятельности, базирующейся не на высоком уровне научной и технической оснащенности народного хозяйства и связанной с серьезными ошибками технической и экологической политике, проблема экологической безопасности окружающей природной среды представляется одной из наиболее актуальных. Следует подчеркнуть, что реализация крупных народно-хозяйственных проектов, помимо достижения планируемых положительных моментов, сопровождается возникновением негативных природно-антропогенных процессов, приводящих, в частности, к ухудшению качества водных и земельных ресурсов, снижению экологической устойчивости природной среды. Наиболее объективной оценкой уровня экологической безопасности антропогенной деятельности, объединяющей различные ее аспекты: технический, экономический, экологический и социальный, является оценка суммарного риска.

Уровень экологического риска возрастает из-за недостаточной изученности функционирования природно-технических систем, отсутствия возможности предвидеть весь комплекс неблагоприятных процессов и траектории развития. Последнее связано с недостаточностью информации о свойствах и показателях отдельных компонентов природной среды, необходимых для построения оперативных, среднесрочных и долгосрочных прогнозов развития природно-техногенных процессов. Существенно возрастает уровень экологического риска также из-за невозможности оценить обобщенную реакцию природной среды и суммарного воздействия отдельных видов антропогенной деятельности, носящей синергетический характер способности привести к катастрофическим последствиям.

Утилизация промышленных отходов и создание малоотходных производств является одним из основных направлений повышения экологической безопасности в химической промышленности, энергетике, металлургии и других отраслях промышленности. При этом весьма приоритетной является утилизация и обезвреживание образующихся промышленных отходов в источнике их образования, что соответствует хорошо известной в настоящее время концепции СКОВИО (сокращение количества отходов в источнике образования) [1]. В отличие от технологий «на конце трубы», предусматривающих обезвреживание и утилизацию отходов лишь после их попадания в природную среду, технологии СКОВИО направлены на максимальное сокращение объема и снижение

токсичности отходов в ходе основных технологических процессов. Этот принцип заложен в основу «более чистых производств», процедурные аспекты которых выходят за рамки обычной борьбы с отходами и охватывают комплекс мер, осуществляемых внутри промышленных предприятий в целях совершенствования организаций и управления деятельностью их структурных подразделений.

Риск, возникающий в результате производственно-хозяйственной деятельности химических предприятий, во многом связан с энергонасыщенностью и характером потребления ресурсов. Поэтому весьма перспективно снижение энергонасыщенности химико-технологических систем, перевод области протекания процессов с макроуровня на микроуровень, а также интенсификация межфазных взаимодействий на уровне элементарного акта и на границе раздела фаз.

Решение проблемы обеспечения экологической безопасности на уровне только отдельно взятого предприятия не дает ощутимого результата. Поэтому, важно создание таких территориальных промышленных комплексов, в которых органично сочетаются как малоотходные, ресурсосберегающие технологии, так и инженерные сооружения по переработке и обезвреживанию промышленных отходов. Только так может быть осуществлен постепенный переход от традиционных промышленных комплексов, к экологически безопасным предприятиям на региональном уровне. Использование такого подхода к решению проблемы экологической безопасности промышленного производства имеет особо важное значение для южного региона страны. Как показывает практика, дальнейшее развитие химической промышленности в этом регионе возможно только при условии полной экологической совместимости химических предприятий с окружающей природной средой. Это связано с тем, что большой расход природного сырья, энергии на единицу продукции приводит к образованию крупнотоннажных отходов.

Для химических предприятий, выпускающих фосфорную кислоту и удобрения, проблема экологической безопасности во многом связана с недопущением контакта таких отходов, как фосфогипс и известковый шлам с подвижными компонентами природной среды. Крупнотоннажному фосфогипсу характерно содержание различных вредных примесей, что не позволяет его широко применять в производстве строительных материалов, в качестве мелиоранта в сельском хозяйстве. Основным препятствием для замены природного гипса фосфогипсом являются также неудовлетворительные физико-химические свойства.

Тем не менее, новые способы переработки фосфогипса разрабатываются и внедряются. К примеру, в Японии, которая не обладает запасами природного гипса, фосфогипс полностью перерабатывается в полезные продукты. Все же более рациональным решением проблемы будет разработка альтернативных технологий в производстве экстракционной фосфорной кислоты, которые позволяли бы получать фосфогипс с улучшенными физико-химическими свойствами и меньшее количество вредных примесей.

С такой целью нами были проведены исследования по получению экстракционной фосфорной кислоты, в которой крупнотоннажный отход фосфогипса должен был содержать как можно меньше токсичных примесей и обладать улучшенными физико-химическими свойствами. Прежде чем перейти к обсуждению результатов этих исследований можем ознакомиться с информацией по отходам производства экстракционной фосфорной кислоты, которые образуются на Таразском заводе минеральных удобрений ТОО «КазФосфат» (табл. 1).

*Таблица 1 – Информация по отходам производства экстракционной фосфорной кислоты*

| Возможность возникновения аварий и чрезвычайных ситуаций   | Общее накопление отходов   | Складирование и состояние полигонов  | Влияние полигонов на окружающую среду   | Радиоактивные отходы, их кач. и кол. хар-ка   |
|--|--|--|---|---|
| Чрезвычайная экологическая ситуация может возникнуть при авариях в цехе аммофоса (ханилище жидкого аммиака), а также на накопителях фосфогипса | Фосфогипс - IV класс опасности не пожаро-зрывоопасен, твердый, порошкообразный в воде не растворяется. Накоплено -6 млн.т. Отход не утилизируется в виду отсутствия потребителей | Отходы хранятся на открытой местности на бетонированной площадке 8=24га Состояние отвала удовлетворительное. Отходы хранятся на открытой местности | В районе накопителей отмечается загрязнение подземных вод фтором, сульфатами и фосфатами. В подземных водах содержание по фтору превышает ПДК в 3,17-7,5 раз, по сульфатам – в 1,8-2,33 раз, по фосфатам – в 5,86-22 раза | Кол-во отходов ИИИ- 315 шт., активность- 3632 ГБк. Отсутствуют средства для захоронения ИИИ в стендовый комплекс «Байкал» |

Показатели процесса сернокислотной переработки фосфоритов Карагату в экстракционную фосфорную кислоту (далее – ЭФК) во многом определяются эффективностью разделения фаз суспензии. Жидкая фаза суспензии по своему химическому составу представляет собой раствор фосфорной кислоты с некоторым содержанием серной и фтористоводородной кислот, который насыщен примесями  $CaO$ ,  $SiO_2$ ,  $F$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $MgO$ . В растворе также в незначительных количествах содержатся мышьяк (в зависимости от качества применяемой серной кислоты) и тяжелые металлы. Вязкость раствора фосфорной кислоты увеличивается в присутствии примесей в зависимости от природы катионов и анионов [1].

Поскольку концентрация таких примесей играет значительную роль при формировании структуры суспензии и ее устойчивости, в реальных технологических процессах производства ЭФК для сопряженной системы «реактор-фильтр» устанавливается достаточно узкий допустимый диапазон колебаний физико-химических свойств твердой и жидкой фаз суспензий [2, 3]. Кроме того, в производстве ЭФК достаточно строго регламентируется режим обработки суспензии на фильтре.

На характер фильтрования фосфорнокислотной суспензии существенно влияют удельная площадь поверхности осадка, размер частиц, коэффициенты, формы и сферичности частиц, от которых, во многом, зависит и структура осадка.

Для увеличения скорости фильтрования суспензии ЭФК можно ее обработать различными вспомогательными веществами, способными изменить поверхностные свойства твердой фазы [4]. Большая группа таких добавок являются поверхностно-активными веществами.

Уменьшение размеров, т.е. увеличение удельной поверхности частиц твердой фазы фосфорнокислотной суспензии, обуславливает возрастание роли поверхностных явлений (повышенная адсорбционная способность и увеличение смачиваемости частиц сульфата кальция).

Большая полидисперсность частиц твердой фазы определяет характер таких важных поверхностных свойств суспензий, как двойной электрический слой, потенциал на границе твердой фазы с жидкостью, гидрофильность или гидрофобность частиц, способность адсорбировать из жидкости ионы, образовывать агрегаты и т.д. Совокупное влияние этих свойств, в свою очередь, определяет пористость, проницаемость и сжимаемость осадка, его качество и полнота отмычки и обезвоживания при фильтровании [5].

Хотя в литературе сведений о количественной связи параметров процесса разделения электроповерхностными и поверхностными свойствами фаз суспензии немного, все же есть мнение о существовании качественной взаимосвязи электрохимического потенциала со скоростью фильтрования.

При течении жидкости через осадок с фиксированной структурой роль физико-химических явлений, прежде всего, электрохимических, незначительна. Но она велика в процессе формирования структуры осадка, от которой в процессе фильтрования зависит многое.

В ходе своих исследований мы выявили, что два основных показателя - удельная поверхность и электрохимический потенциал, во многом определяющие условия фильтрации фосфорнокислотной суспензии, существенно меняются в зависимости от концентрации добавок поликарбамида (далее – ПАА). Следует отметить, что в данном случае суспензия была получена из механически активированного фосфорита, а сама механическая активация суспензии осуществлялась в жидкофазной среде, содержащей 0,005-0,03% ПАА. Химический состав фаз суспензии, полученной при сернокислотном разложении (полугидратный метод) механически активированного фосфорита Карагату, представлен в таблице.

*Таблица 2 – Химический состав фаз фосфорнокислотной суспензии*

| Фаза    | Состав, %                     |                 |                                |                                |      |       |      |          |
|---------|-------------------------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-------|------|----------|
|         | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | CO <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO  | CaO   | F    | Проч.    |
| Жидкая  | 43,08                         | 2,68            | 1,08                           | 1,23                           | 0,07 | 0,41  | 0,72 | остальн. |
| Твердая | 2,14                          | 49,97           | 3,74                           | 4,57                           | 0,25 | 34,83 | 0,26 | остальн. |

Исследованиями установлено, что при образовании полугидрата сульфата кальция из механически активированного фосфорита Карагату, образуются 1-1,17% соединений фтора в виде H: SiF<sub>6</sub> и HF.

Снижение исходной концентрации фтористых соединений способствует увеличению удельной поверхности твердых частиц. Это можно объяснить тем, что при жидкофазной механической активации в присутствии ПАА (концентрация 0,005-0,03%) отдельные макромолекулы ВРП легко мигрируют в капилляры и адсорбируются на активных центрах - микротрецинах, возникающих при деформациях. В результате этого макромолекулы ВРП вызывают расклинивающее давление, что приводит к более интенсивному диспергированию частиц фосфорита. Здесь адсорбция ПАА, которая понижает свободную поверхностную энергию, происходит самопроизвольно.

В среде без поверхностно-активных добавок вследствие упрочнения мелких частиц - их аморфизации и вскрытия микротрецин, процесс диспергирования достигнув некоторого предела измельчения, останавливается. В присутствии же поверхностно-активных добавок диспергирование происходит непрерывно и не допускается агрегирование частиц.

Влияние концентрации ПАА на удельную поверхность полугидрата сульфата кальция приведено на рисунке.

Исследования показали, что предварительная механическая активация существенно влияет на характер образования частиц полугидрата сульфата кальция, в частности, их удельной поверхности и геометрических форм. С увеличением удельной поверхности твердой фазы возрастает роль поверхностных явлений, в частности повышается адсорбционная способность и увеличивается смачиваемость сульфата кальция. Но все же большой интерес вызывает изменение электрохимического потенциала полугидрата сульфата кальция после механической активации.

Как известно, для разделения суспензии ЭФК применяется фильтрование с закупориванием пор перегородки. Этот гидромеханический процесс накопления твердых частиц, их перераспределения, эволюции пористой среды (кинетика фильтрования) и течения жидкости через пористую среду (процесс фильтрации), зависит от многих технологических факторов. Но, тем не менее, энергетические характеристики на поверхности раздела твердой и жидкой фаз имеют определяющее значение в их эффективном разделении.

С снижением электрохимического потенциала поверхности частиц сульфата кальция уменьшается гидратированность поверхности твердой фазы, т.е. снижается интенсивность межфазных взаимодействий, что непременно, в последующем, будет иметь определяющее значение при разделении фосфорнокислотной суспензии.

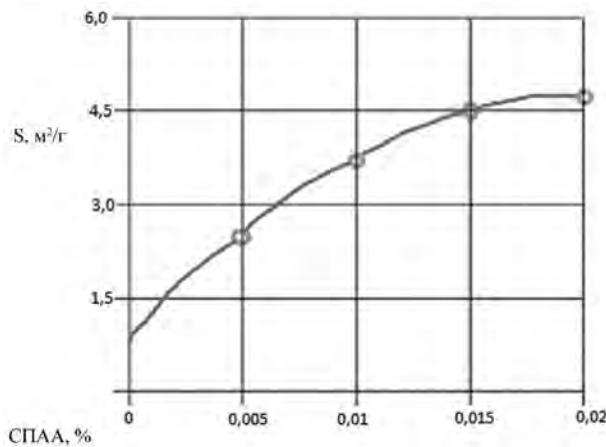


Рисунок 1 – Влияние концентрации ПАА

Результаты проведенных исследований показали, что для снижения содержания в фосфогипсе токсичных примесей следует исходный фосфорит подвергнуть предварительной механической активации, что значительно снижает особенно содержание токсичного фтора. Исследованиями установлено, что при образовании полугидрата сульфата кальция из механически активированного фосфорита Карагату, образуются 1-1,17% соединений фтора в виде  $H: SiF_6$  и  $HF$ . Снижение исходной концентрации фтористых соединений способствует увеличению удельной поверхности 20 твердых частиц, т.е. улучшает последующие эксплуатационные свойства материала. Таким образом, для улучшения физико-химических свойств фосфогипса необходимо усилить воздействие на него на микроровне, что проявляется в модификации поверхностных свойств частиц сульфата кальция и изменении их энергетических характеристик.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Копылев, Б.А. Технология экстракционной фосфорной кислоты. – Л.: Химия, 1981. – 224 с.
2. Позин, М.Е., Зинюк, Р.Ю. Физико-химические основы неорганической технологии. – Л.: Химия, 1985. – 384 с.
3. Кармышев, В.Ф. Химическая переработка фосфоритов. – М.: Химия, 1983. – 304 с.
4. Зимон Д.А., Лещенко П.Ф. Коллоидная химия. М.: Химия, 1995. – 284 с.
5. Копылева, Б.Б. Влияние поверхностно-активных веществ на свойства дисперсных систем и процессы их разделения. Обзорная информация серии «Фосфор и его соединения». – М.: НИИТЭХИМ, 1981. – 40 с.

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ КОТЕЛЬНОГО ЦЕХА ОАО «БОРИСОВСКИЙ ДОК» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

### IMPROVING THE EFFICIENCY OF POWER EQUIPMENT IN THE BOILER SHOP OF JSC «BORISOVSKY DOCK» WITH THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

**A. Н. Баран, К. И. Пресняков**  
**A. Baran, K. Presnyakov**

Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,

г. Минск, Республика Беларусь

[engineersolutions@mail.ru](mailto:engineersolutions@mail.ru)

Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

Объектом исследования является котельный цех ОАО «Борисовский ДОК». В связи с наращиванием производственных мощностей на предприятии существует проблема утилизации отходов производства деревообработки, а также нехватки тепловой мощности собственной котельной в связи с истечением предельного срока эксплуатации существующего котла марки ДЕ 25-14 ГМ, а также наращивания производственных мощностей.

При проведении исследований энергосистемы предприятия, включая потребителей, установлена необходимость увеличения паропроизводительности оборудования котельной на 10 т/ч. В работе проводится анализ и сравнение технических характеристик работы котла марки ДВКР 10-13 ГМ при сжигании газообразного топлива с котельным агрегатом КЕ-10/14 ТС, работающим на древесных отходах производства при внедрении в существующую котельную.