

О.В. Кожура, А.А. Пасенко, Л.Е. Ищенко, Б.В. Письменный, Т.В. Чуйко

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРОДУКТА ГИДРОЛИЗА ОТХОДОВ ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛА В ГИДРОМЕТАЛЛУРГИИ УРАНА

ГВУЗ “Украинский государственный химико-технологический университет”, г. Днепропетровск  
Центральная научно-исследовательская лаборатория государственного предприятия «ВостГОК»,  
г. Желтые Воды

Изучена возможность использования растворов гидролизованного полиакрилонитрила в качестве флокулянта для сгущения нейтральных пульп и закрепителя пылящих поверхностей в производстве урановых концентратов в условиях ГП “ВостГОК” г. Желтые Воды.

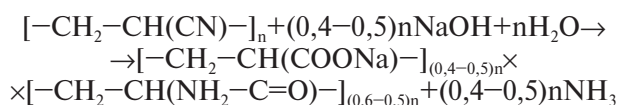
### Введение

На ГМЗ ГП “ВостГОК” на узле сгущения пульп рудного сырья в качестве флокулянта используется полиакриламид (ПАА), который является эффективным, но весьма дорогостоящим реагентом. Кроме того, растворы ПАА используются для повышения ветроэрозионной устойчивости хвостохранилищ, отвалов пустых пород, а также урановой руды и ее концентратов, которые перевозят железнодорожным транспортом. При этом используется свойство этого водорастворимого полимера равномерно распределяться и закрепляться на пылящей поверхности и противостоять ветровой эрозии за счёт цементации твёрдых частиц полимерной плёнкой.

В крупнотоннажных процессах рудоподготовки широко распространена практика замены индивидуальных реагентов на технические смеси, получаемые переработкой различных отходов. Альтернативой ПАА как в качестве флокулянта, так и закрепителя пыли могут выступать смеси высокомолекулярных соединений анионного типа на основе акриловой и метакриловой кислот, которые получают щелочным гидролизом отходов полиакрилонитрила. Значительные количества таких отходов, в виде мелких волокон, образуются при производстве искусственного меха, в частности, на фабрике искусственного меха г. Желтые Воды.

Целью работы было исследование возможности замены полиакриламида в процессах флокуляции нейтральных пульп урановой руды и в процессах противодействия ветровой эрозии радиоактивных материалов.

При динамическом гидролизе стриженных волокон в щелочной среде образуется водорастворимый полимер с молекулярной массой близкой к таковой для исходного полиакрилонитрила  $5 \cdot 10^4$  г/моль.



При этом степень гидролиза нитрильных групп задается изменением pH, температуры и времени гидролиза. Продукт гидролиза полиакрилонитрила с отношением амидных и карбоксилатных групп близким 1:1 получил название ГИПАН [1]. Растворы ГИПАН готовят в виде 6–16% растворов, непосредственно на местах потребления из техногенных источников сырья. Они представляют собой вязкую жидкость от желтого до черного цвета, плотностью 1060–1090 г/л, ПДК в воде – 6 мг/л, II класс опасности. При концентрации около 10% это достаточно подвижные жидкости, которые могут быть использованы без дополнительной обработки сразу после стадии гидролиза.

### Экспериментальная часть

#### Методика эксперимента

В качестве параметра характеризующего эффективность флокулянтов применялась скорость сгущения пульпы. Для этого в пробу рудного материала добавляли необходимое количество исследуемого флокулянта и через определенные промежутки времени измеряли высоту осветленного слоя и плотность сгущенной пульпы [2,3].

В качестве исследуемого сырья использовали два вида проб руды:

– проба № 1, состоящая из твёрдых проб текущей добычи шахт «Смолинская» и «Ингульская»;

– проба № 2, состоящая из продуктов радиометрического обогащения руды текущей добычи шахты «Ингульская» (при соотношении концентрат:хвосты:отсев=40:30:30).

Для исследования готовили пульпу соответствующего рудного материала в воде с соотноше-

нием Т:Ж=1:1. Помещали ее в цилиндр объемом 250 см<sup>3</sup> высотой слоя суспензии 25 см. Пульпу перемешивали путем опрокидывания закрытого цилиндра 5–6 раз, после чего фиксировали его положение и через определенные промежутки времени измеряли высоту осветленного слоя.

Флокулянты ПАА и ГИПАН вносили в пульпу в виде 0,1 и 0,2% растворов, которые готовили разбавлением исходных 10% растворов непосредственно перед проведением опытов.

В качестве реагентов, позволяющих снизить вредное воздействие пылящих поверхностей, применяли полиакриламид и ГИПАН.

Для определения эффективности вышеперечисленных реагентов экспериментально определяли параметр, условно называемый «удельной сдуваемостью пыли» [3,4]. Для этого в короба из нержавеющей стали (100×100×50 мм) засыпался сухой рудный материал. Затем, с помощью пульверизатора, предварительно увлажненную поверхность орошали исследуемыми растворами с расходом 4 л/м<sup>2</sup>. После высыхания определяли «удельную сдуваемость пыли» с поверхностного слоя, обдувая его потоком воздуха со скоростью 5 м/с в течение 5 ч. До и после обдувания короба взвешивали. «Удельную сдуваемость пыли» определяли по формуле:

$$Q = \frac{P_n - P_k}{S \cdot \tau},$$

где  $P_n$  – начальный вес короба, г;  $P_k$  – конечный вес короба, г;  $S$  – площадь обдувания, м<sup>2</sup>;  $\tau$  – время обдувания, ч.

#### Результаты исследований и их обсуждение

На рис. 1, 2, 3 представлены результаты проведенных экспериментов по сгущению нейтральных рудных пульп ГМЗ без применения флокулянтов, а также с использованием 0,1% раствора ПАА и 0,1% раствора ГИПАН из расчета 10 и 20 г 100% флокулянта на тонну рудного материала.

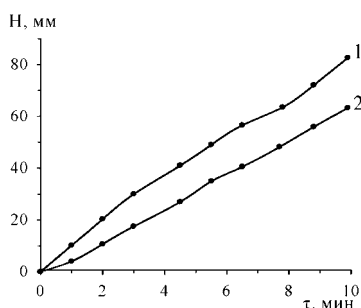


Рис. 1. Высота осветленного слоя пульпы 1 – в образце № 1, 2 – в образце № 2

Как видно из данных представленных на рис. 1 обе пробы рудного материала обладают невысокой скоростью сгущения. Однако скорость сгу-

щения для пробы № 2 выше на ~40%, чем для пробы № 1, что связано с различным минералогическим составом рудного сырья.

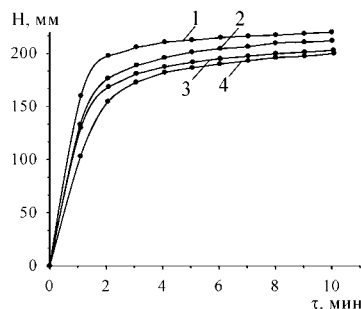


Рис. 2. Высота осветленного слоя при введении флокулянта ПАА. 1 – в пробу № 1 20 г/т; 2 – в пробу № 1 10 г/т; 3 – в пробу № 2 20 г/т; 4 – в пробу № 2 10 г/т

Согласно данным рис. 2 введение флокулянта ПАА приводит к достаточно резкому возрастанию скорости сгущения, а затем по истечению ~3 мин скорость сгущения изменяется не значительно. Кроме того, действие ПАА оказывается более выражено для пробы № 1, которая осветляется быстрее пробы № 2.

Увеличение концентрации флокулянта с 10 г/т до 20 г/т приводит к росту скорости сгущения: на 31% для пробы № 1 и на 25% для пробы № 2. Однако при достижении определенного времени (~10 мин) скорость сгущения практически одинакова для всех исследуемых концентраций ПАА. Следовательно, применение более высокой концентрации не представляется целесообразным.

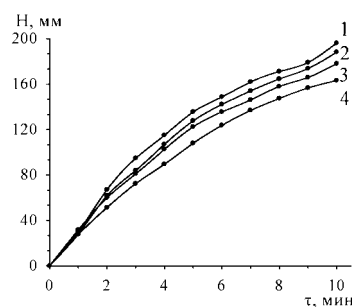


Рис. 3. Высота осветленного слоя при введении флокулянта ГИПАН. 1 – в пробу № 2 20 г/т; 2 – в пробу № 2 10 г/т; 3 – в пробу № 1 20 г/т; 4 – в пробу № 1 10 г/т

Из результатов рис. 3 следует, что введение флокулянта ГИПАН приводит к увеличению скорости сгущения во всем интервале времени. Изменение концентрации ГИПАН существенно не влияет на скорость сгущения пульпы как пробы № 1, так и пробы № 2.

Таким образом, введение как флокулянта ГИПАН так и флокулянта ПАА приводит к увеличению скорости сгущения пульпы. Однако эффективность использования ПАА в сравнении с

ГИПАН на 5–8% выше.

Опытно-промышленные испытания показали, что при использовании ГИПАН наблюдается образование более плотного осадка сгущённой части. Это связано с более плавным увеличением скорости сгущения в начальный период осаждения по сравнению с ПАА.

В сгустителях действующей технологии при использовании ПАА высота осветленного слоя составляет 1,0–1,2 м при допустимом отклонении в сторону уменьшения до 0,8 м. В соответствии с результатами проведенных опытно-промышленных испытаний было установлено, что при сгущении пульпы 0,1–0,2% растворами ГИПАНа их флокулирующая способность полностью обеспечивает требуемую скорость сгущения. При этом высота осветленного слоя находится в пределах – 0,90–1,15 м, что удовлетворяет требованиям технологического регламента.

Результаты экспериментов по снижению вредного воздействия пылящих поверхностей на окружающую среду с помощью растворов полимеров представлены в таблице.

**Зависимость «удельной сдуваемости пыли» от концентрации ПАА и ГИПАН**

Концентрация исследуемого реагента, %	«Удельная сдуваемость пыли», г/м <sup>2</sup> ·ч	
	ПАА	ГИПАН
0,1	3,4	5,1
0,2	3,2	4,9
0,5	3,0	3,1
1,0	2,8	2,5
1,5	2,7	1,9
2,0	2,6	1,3

Как видно из полученных данных, наиболее эффективно связывает пылящий поверхностный слой раствор ГИПАН в концентрации 2%. Эффективность применения ПАА в ~2 раза ниже.

Были проведены опытно-промышленные испытания для оценки состояния образовавшегося противозерозионного покрытия на пылящих поверхностях. Для этого были огорожены водонепроницаемой перегородкой два участка овальной формы, так называемые карты, имитирующие пляжи хвостохранилищ. Карты заполнялись рудным материалом, который предварительно смачивали небольшим количеством воды, а затем исследуемыми растворами. Рудный материал орошали раствором ГИПАН с концентрацией 2,0% и расходом 4 л/м<sup>2</sup>. Периодичность замера толщины покрытия 1 раз в неделю. Запланированное время эксперимента – до разрушения поверхностного слоя. После высыхания первоначальная толщина защитного слоя составила 1,5–2,0 см.

В результате проведенных исследований было установлено:

– скорость образования противозерозионно-

го слоя зависит от температуры окружающего воздуха, влажности и параметров обрабатываемой поверхности;

– устойчивость к атмосферным осадкам поверхностного покрытия локального участка сохранилась в течение 6 месяцев;

– по окончании эксперимента толщина плёнки составила 2–4 мм.

Образованию прочной ветроэрозионной плёнки способствовало естественное высыхание орошенного раствора в теплую и не дождливую погоду.

Следовательно, орошение пылящих поверхностей раствором ГИПАН с концентрацией 1–2% необходимо проводить в весенне-осенний период года при температурах не ниже 0<sup>0</sup>С на слегка увлажнённую поверхность. Периодичность обработки хвостохранилищ – 2 раза в год с интервалом в полгода.

Проведен ряд экспериментальных проверок по равномерному нанесению закрепителя. Для распыления растворов использовали щелевые насадки, гидромониторы, перфорированные трубы, системы форсунок, которые устанавливали линейно через равномерные промежутки на специальной штанге. В результате промышленных испытаний установлено, что для растворов ГИПАН наиболее эффективно применять систему форсунок, так как она позволяет создать равномерный поток мелких капель жидкости, обеспечивая сплошное орошение поверхности даже при небольших расходах и естественном рельефе. Растворы ГИПАН после стадии гидролиза обязательно подвергаются фильтрованию, поэтому отсутствует проблема с засорением форсунок. В тоже время эти растворы оказывают коррозионное воздействие на применяемое оборудование, поэтому для обеспечения продолжительного срока службы резервуары, водоводы, насосы и запорную арматуру целесообразно выполнять либо из нержавеющей сталей, либо из материалов с антикоррозийным покрытием.

В промышленном масштабе растворы ГИПАН прошли апробацию по использованию на узле сгущения пульпы рудного сырья текущей переработки ГМЗ вместо ПАА. За это время не было отмечено уменьшения высоты отстоя, снижения чистоты слива и производительности передела по сгущённому продукту. Также эти растворы были успешно опробованы в качестве закрепителя для снижения пыления пляжей хвостохранилищ на Северном и Восточном ГОКах.

Предварительная обработка 2% раствором ГИПАН промпродуктов, транспортируемых в открытом железнодорожном или автомобильном транспорте, позволяет снизить их пыление за счет образования ветроэрозионного покрытия и, соответственно, потерю продукта. Поступление реагента с рудой на переработку даёт возможность

использовать его уже в качестве флокулянта, при этом физико-химические показатели ГИПАН не претерпевают изменений.

#### **Выводы**

Надёжность, дешевизна и доступность исследуемого флокулянта даёт возможность использовать в технологии ГМЗ для сгущения рудных пульп растворы ГИПАН с рабочей концентрацией 0,1–0,2% и расходом не более 20 г/т. При этом технико-экономические показатели узла сгущения нейтральных рудных пульп не снижаются. Высокая флокулирующая способность растворов ГИПАН даёт возможность достичь такого же значения высоты отстоя жидкой фазы, как и при использовании ПАА – 1,0–1,2 м.

Использование растворов ГИПАН для сгущения пульпы рудного сырья способствует лучшему уплотнению сгущённой части и позволяет более эффективно отделить её от жидкой фазы.

Растворы ГИПАН являются эффективным противэрозионным препаратом для пылеподавления хвостохранищ, отвалов пустых пород и промпродуктов, которые транспортируются в от-

крытом железнодорожном или автомобильном транспорте.

Прочное покрытие создается 2,0% раствором ГИПАН с рН 5,0–5,5 и расходом 4–6 л/м<sup>3</sup>. Толщина плёнки после высыхания распылённого исследуемого раствора составляет 1,5–2,0 см. Удельная сдуваемость пыли не превышает 1,3 г/м<sup>2</sup>·ч.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Технические условия* Украины «Гидролизированный полиакрилонитрил ГИПАН». ТУ У 24.1-14309787-152-2002. Дата регистрации 10.12.2002 г.
2. *Руденко К.Г., Шамаханов М. М.* Обезвоживание и пылеулавливание на обогатительных фабриках. – М.: Недра, 1981. – 351 с.
3. *Чуянов Г.Г.* Обезвоживание, пылеулавливание и охрана окружающей среды. – М.: Недра, 1987. – 260 с.
4. *Бересневич П.В., Кузьменко П.К., Неженцева К.Г.* Охрана окружающей среды при эксплуатации хвостохранищ. – М.: Недра, 1993. – 128 с.

Поступила в редакцию 26.02.2013