

ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ И ОТХОДОВ

УДК 669.013:628.31

БИОИНДИКАЦИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕКИ АНГАРА ПРИ РАЗРЯДНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКЕ ПРОМСТОКОВ ОБОГАТИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ворошилова М.В., Коростовенко В.В., Степанов А.Г., Галайко А.В.

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

Аннотация. Большая концентрация промышленных предприятий, расположенных в Нижнем Приангарье, приводит к серьезному осложнению экологической ситуации. Анализ структурных характеристик зообентоса водоема с помощью методов биоиндикации подтвердил высокий уровень загрязнения реки примесями техногенного характера.

В статье приведены результаты исследований по возможности применения разрядно-импульсной обработки (РИО) сточных вод с целью их очистки и дальнейшего использования в оборотном водоснабжении. Установлено, что использование РИО для очистки промстоков горно-обогатительных предприятий позволит значительно интенсифицировать процессы осаждения дисперсных примесей, эффективно удалять органические соединения.

Применение данной технологии очистки дает возможность улучшить качественные и количественные показатели зообентоса Ангары, организовать эффективную систему замкнутого водооборота, сократить потребление свежей воды.

Ключевые слова: экология, сточные воды, биоиндикация, зообентос, обогатительные предприятия, разрядно-импульсная технология, оборотное водоснабжение.

Введение

Как известно, предприятия металлургического комплекса являются одним из основных источников загрязнения окружающей среды. Для всех отраслей промышленности характерно существенное воздействие на биосферу, в результате которого происходят значительные изменения экологического состояния большинства природных объектов.

В процессе добычи полезных ископаемых извлекаются огромные объемы горной массы, нарушаются природные ландшафты, многочисленные площади земной поверхности занимаются карьерами горнодобывающих предприятий, отвалами горных пород и хвостохранилищами. При сбросе сточных вод обогатительных предприятий в поверхностные водоемы резко изменяются гидрогеологические и гидрологические условия в районе месторождения, ухудшается качество подземных и поверхностных вод. Кроме того, проблема охраны поверхностных пресных вод от загрязнения обусловлена чрезвычай-

но разнообразным составом сточных вод, образующихся на промышленных производствах, что определяется широким спектром технологических процессов, различием исходного сырья и характером использования воды.

Таким образом, экологическая ситуация в районах размещения обогатительных предприятий существенно осложнена.

Предприятия Иркутской области производят около 2,5% общероссийского объема промышленной продукции. В структуре промышленного производства одну из лидирующих позиций занимает цветная металлургия [1]. Большое количество промышленных объектов Нижнего Приангарья приводит к ухудшению качества природных вод вследствие сбросов загрязненных сточных вод. Необходимо отметить, что доля оборотного водоснабжения в данном регионе незначительна. Поэтому загрязнения реки Ангара по многим химическим и бактериологическим показателям существенно превышает экологические нормативы.

Неблагоприятные природно-климатические

особенности Нижнеангарского региона обуславливают низкие регенерационные возможности его природной среды, что делает обязательным оснащение размещаемых на территории региона объектов передовыми системами обезвреживания всевозможных отходов, исключающими их попадание в окружающую природную среду в размерах, превышающих заданные экологические стандарты [2].

Анализ развития современных методов очистки промышленных сточных вод указывает на то, что известные технологии, позволяющие использовать стоки для оборотного водоснабжения, обладают рядом значительных недостатков, которые ограничивают возможности их применения.

Среди востребованных в настоящее время технологических направлений следует выделить применение импульсного электрического разряда для очистки сточных вод. Разрядно-импульсная технология – перспективный метод обработки воды и водных дисперсных систем с целью их обеззараживания и осветления [3, 4].

Таким образом, целью данного исследования является оценка снижения уровня загрязнения воды реки Ангара методами биоиндикации при использовании разрядно-импульсной обработки сточных вод горно-металлургических предприятий.

Теория, материалы и методы исследования, технические и технологические разработки

Импульсный электрический разряд в жидкости – процесс большой концентрации энергии. По существу, такой электрический разряд в жидкости не что иное, как взрыв – очень быстрое выделение большого количества энергии в первоначально малом объеме канала искры разряда.

До момента электрического взрыва энергия содержится в скрытой потенциальной форме в электрическом конденсаторе. Быстрое выделение энергии порождает сильное механическое действие, т.е. появление механических сил, приложенных к среде и отдельным телам, помещенным в зону разряда [5].

Известно, что при разрядно-импульсной обработке (РИО) воды наряду с процессами диспергирования при определенных энергиях воз-

действия наблюдается коагуляция мельчайших твердых частиц [6]. В исследованиях [7] выявлено, что при электровзрывном воздействии пиролиз жидкой фазы в канале разряда приводит к частичному разложению воды с образованием кислорода, озона, водорода и активных радикалов. В результате этого присутствующие в водной среде органические соединения разлагаются.

В качестве источника импульсных электрических разрядов использовали установку, схема которой приведена на рисунке.

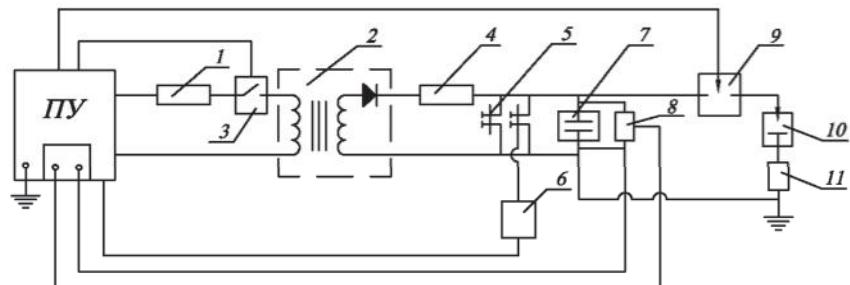


Схема лабораторной установки: ПУ – пульт управления; 1 – предохранитель; 2 – зарядный блок; 3 – концевой разъем; 4 – ограничивающее зарядное сопротивление; 5 – защитная электромагнитная блокировка; 6 – защитная механическая блокировка; 7 – блок импульсных конденсаторов; 8 – делитель напряжения; 9 – высоковольтный коммутатор; 10 – рабочий орган; 11 – коаксиальный шунт

Технологический узел представляет собой реактор цилиндрической формы объемом 1 дм³, изготовленный из титана. В качестве материала электродов применялась сталь Ст-3. В качестве объекта исследований были использованы хвостовые растворы коллективной флотации сульфидной свинцово-цинковой руды. В ходе эксперимента энергия импульсной обработки хвостовых растворов варьировалась в широком диапазоне.

Для анализа структурных характеристик зобентоса пробы отбирались в водных объектах бассейна реки Ангара с помощью количественного скребка Д.Г. Дулькейта, с площадью захвата 0,1 м². Разбор проб и фиксация спиртом производились в течение 24 ч.

Численность и биомассу рассчитывали по фиксированным в 80% спирте животным. Взвешивание организмов производили на торсионных весах.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследованиями с помощью биоиндикационных методов установлено, что в верхнем и нижнем районах Ангары численность и биомас-

са основных индикаторных микроорганизмов, наличие которых свидетельствует о достаточном качестве и чистоте воды, незначительна (**табл. 1**).

Таблица 1
**Количественные показатели зообентоса реки Ангара
(при сбросе сточных вод в реку)**

Название организмов	р. Ангара, верхний район		р. Ангара, нижний район	
	Численность групп, %	Биомасса, %	Численность групп, %	Биомасса, %
Двукрылые	86	24	23	9
Ручейники			1	9
Поденки	2	38	1	1
Веснянки				
Амфиоподы			1	2
Олигохеты	8	11	63	21
Моллюски	2	5	10	53
Прочие	2	22	1	5

Преобладание в реке олигохетов указывает на то, что водоем загрязнен органическими соединениями, содержание кислорода в воде минимальное.

Кроме того, результаты химического анализа выявили, что pH воды изменяется в пределах 7,60 до 8,36 по мере продвижения реки к устью, наблюдается загрязнение водоема взвешенными веществами, ионами меди, цинка, марганца, свинца, органическими соединениями.

Таким образом, необходимость переработки сточных вод с целью кондиционирования и очистки обосновывает актуальность поиска эффективного технологического решения данной проблемы. Внедрение замкнутых систем водного хозяйства на промышленных предприятиях в настоящее время считается практически единственным способом рационального водопользования.

Необходимо отметить, что кондиционирование и очистка промстоков является исключительно важной задачей не только с экологической точки зрения, но и в аспекте ресурсосбережения. Глубокая очистка сточных вод позволяет существенно увеличить использование воды в системах замкнутого водооборота. Это позволит уменьшить объем свежей воды, необходимой для восполнения безвозвратных потерь, имеющих место в любой системе водооборота.

Учитывая, что концентрация промышленных производств в районе реки Ангара, усиливающих дестабилизацию экологической ситуа-

ции, достаточно велика, то представлялось целесообразным изучить возможность очистки промышленных сточных вод, образующихся в результате переработки полиметаллических руд, с помощью разрядно-импульсной технологии.

Установлено, что РИО ускоряет процесс коагуляции твердой фазы в воде и способствует осаждению минеральных частиц. Экспериментально доказано, что оптимальная энергия обработки стоков, содержащих свинцово-цинковые частицы, составляет 4,4–5,1 кДж/дм³. При увеличении скорости осаждения в 7 раз эффективность осаждения взвесей возрастает в 8 раз. В ходе эксперимента подтверждено, что органические соединения окисляются при электровзрывном воздействии.

Таким образом, кондиционирование воды с помощью высоковольтного электрического разряда в жидкости дает возможность направлять стоки на обратное водоснабжение, что позволит снизить негативное воздействие на водные экосистемы.

При этом количественные показатели зообентоса реки Ангара значительно улучшаются при использовании разрядноимпульсной технологии, что свидетельствует об улучшении качества воды (**табл. 2**).

Таблица 2
**Количественные показатели зообентоса реки Ангара
(при обратном водоснабжении)**

Название организмов	р. Ангара, верхний район		р. Ангара, нижний район	
	Численность групп, %	Биомасса, %	Численность групп, %	Биомасса, %
Двукрылые	85	23	26,5	12
Ручейники	0,5	1	6	15
Поденки	2,0	40	4,5	6
Веснянки	0,5	1	2,5	4
Амфиоподы			1	1
Олигохеты	7	10	38	9
Моллюски	2	5	9	36
Прочие	3	20	2,5	11

Выявлено, что количественный анализ зообентоса реки Ангара существенно изменится. В частности, количество донных беспозвоночных, являющихся биоиндикаторами показателя качества воды с достаточным содержанием кислорода и ее чистоты, увеличилось в несколько раз.

Проведенные исследования показали, что импульсный метод также находит применение в

различных технологиях и схемах обогащения минерального сырья [8].

Заключение

При импульсной обработке стоков обогатительных предприятий, содержащих свинцово-цинковые частицы, в диапазоне оптимальных энергий 4,4-5,1 кДж/дм³, наблюдается значительное увеличение эффективности очистки. Кроме того, улучшение количественных показателей зообентоса реки Ангара свидетельствует об улучшении качества воды.

Полученные положительные результаты исследований показывают перспективность применения разрядно-импульсного метода и возможность совершенствования технологии очистки сточных вод горно-обогатительных предприятиях, позволяя резко сократить потребление свежей воды на производстве и снизить антропогенное влияние на водные экосистемы.

Список литературы

- Шилова Н.Н. Мониторинг вторичных ресурсов как составной элемент экологической политики региона (на примере Иркутской области) // Известия ИГЭА. 2004. №4.
- Бурматова О.П. Возможности и ограничения развития Нижнего Приангарья с позиций экологического императива // Реки Сибири: материалы VI Международной научно-практической конференции. Красноярск, 22-24 марта 2011 / отв. ред. А.Ю. Колпаков. Красноярск, 2011. С. 18-22.
- Кривицкий Е.В. Динамика электровзрыва в жидкости. Киев: Наук. думка, 1986. 208 с.
- Гулый Г.А. Научные основы разрядно-импульсных технологий / отв. ред. Б.Я. Мазуровский. Киев: Наук. думка, 1990. 208 с.
- Малюшевский П.П. Основы разрядно-импульсной технологии. Киев: Наук. думка, 1983. 272 с.
- Круглицкий Н.Н., Горовенко Г.Г., Малюшевский П.П. Физико-химическая механика дисперсных систем в сильных импульсных полях. Киев: Наук. думка, 1983. 192 с.
- Коростовенко В.В. Электрофизические методы в комбинированных технологиях переработки минерального сырья: монография. Красноярск: ИПК Сиб. федер. ун-та, 2008. 216 с.
- Пат. 2514351 РФ. Способ обогащения руд цветных металлов / В.В. Коростовенко, Шахрай С.Г., Степанов А.Г., Ворошилова М.В.; опубл. 27.04.2014, Бюл. №12. 7 с.

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

BIOINDICATION OF CHANGES IN WATER QUALITY OF THE ANGARA RIVER AT DISCHARGE PULSE PROCESSING OF EFFLUENTS FROM BENEFICIATION FACILITIES

Voroshilova Marina Vladimirovna – Lead Engineer, Institute of Nonferrous Metals and Materials Science of Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia. Phone: (8391) 2063618, E-mail: aniram1988@yandex.ru.

Korostovenko Vyacheslav Vasilevich – D.Sc. (Eng), Professor, Institute of Nonferrous Metals and Materials Science of Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia. Phone: (8391) 2063618.

Stepanov Alexander Germanovich – Ph.D. (Eng), Associate Professor, Institute of Nonferrous Metals and Materials Science of Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia. Phone: (8391) 2063618.

Galaiko Alexander Vladimirovich – Ph.D. (Eng), Associate Professor, Institute of Nonferrous Metals and Materials Science of Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia. Phone: (8391) 2063618.

Abstract. A large concentration of industrial enterprises located in the Lower Angara, leads to a serious complication of the environmental situation. Structural characteristics analysis of reservoir zoobenthos using the methods of bio-indication confirmed the high level of pollution of the river with man-made impurities.

The article presents the results of studies on the possibility of applying a discharge pulse processing (DPP) of wastewater for cleaning and further use of water recycling. It is established that the use of DPP for cleaning industrial wastes of mining and processing enterprises will significantly intensify the processes of sedimentation of dispersed particles, effectively remove organic compounds.

The use of this treatment technology gives the opportunity to improve qualitative and quantitative indicators of Angara zoobenthos, organize an efficient system of closed water cycle, reduce the consumption of fresh water.

Keywords: ecology, waste water, bio-indication, zoobenthos, concentrating enterprises, discharge pulse technology, closed water cycle.

References

- Shilova N.N. Monitoring of secondary resources as a component of ecological policy in the region (for example, the Irkutsk Region). *Izvestiya IGE'A* [News of ISEA]. 2004, no. 4.
- Burmatova O.P. The capabilities and limitations of the Lower Angara region development from the standpoint of environmental imperative. *Reki Sibiri: materialy VI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Rivers of Siberia: Proceedings of VI International scientific and practical conference]. Krasnoyarsk, 22-24 march 2011. Ed. A.J. Kolpakov. Krasnoyarsk, 2011, pp. 18-22.
- Kravitskiy E.V. *Dinamika elektrovzryva v zhidkosti* [Dynamics of electrical explosion in a liquid]. Kiev: Naukova dumka, 1986. 208 p.
- Gulyi G.A. *Nauchnye osnovy razryadno-impul'snyh tehnologii* [Scientific basis of a discharge pulse processings]. Ed. B.Y. Mazurovskiy. Kiev: Naukova dumka, 1990. 208 p.
- Malyushevskiy P.P. *Osnovy razryadno-impul'snoj tekhnologii*

- [Basics of a discharge-pulse technology]. Kiev: Naukovas Dumka, 1983. 272 p.
6. Kruglitskiy N.N., Gorovenko G.G., Malushevskiy P.P. *Fiziko-khimicheskaya mekhanika dispersnykh sistem v sil'nyh impul'snykh poljakh* [Physico-chemical mechanics of disperse systems in strong pulsed magnetic fields]. Kiev: Naukova dumka, 1983. 192 p.
7. Korostovenko V.V. *E'lektrofizicheskie metody v kombinirovannyh tekhnologiyakh pererabotki mineral'nogo syr'ya: monografiya* [Electrophysical methods in combined technologies of minerals processings: monograph]. Krasnoyarsk: Publ. of Siberian federal university, 2008. 216 p.
8. Korostovenko V.V., Shakhray S.G., Stepanov A.G., Voroshilova M.V. *Sposob obogashcheniya rud tsvetnykh metallov* [Enrichment methods of non-ferrous metal ores]. Patent 2514351 RF.
-

УДК 622.765.063

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ФЛОКУЛЯНТОВ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ УГОЛЬНОГО ШЛАМА

Субботин В.В., Петухов В.Н.

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова

Аннотация. Современные углеобогатительные предприятия постоянно сталкиваются с проблемой обогащения и обезвоживания шламов. Решение этой проблемы во многом связано с правильным подбором наиболее эффективных флокулянтов и флотационных реагентов, которые обеспечивают высокую эффективность работы всей фабрики в условиях жестко замкнутой водно-шламовой схемы.

Целью данной работы является исследование наиболее эффективных флокулянтов для повышения очистки оборотной воды от угольных шламов на углеобогатительной фабрике.

В данной работе представлены экспериментальные данные по исследованию процесса флотации угольного шлама с использованием различных реагентов – собирателей после предварительной флокуляции, с применением флокулянтов типа Magnafloc.

Было установлено, что наиболее эффективным реагентом для очистки шламовых вод является флокулянт М-10, который позволяет значительно улучшить качество оборотной воды и увеличить выход сгущенного продукта.

Ключевые слова: угольный шлам, шламовые воды, флокулянты, технология осаждения, адсорбция.

Введение

В углеобогатительной отрасли угольные шламы из-за высоких затрат на их обогащение и обезвоживание и, в большей части, низких показателей флотируемости и высокой конечной влажности уже обезвоженного концентрата воспринимаются как серьезная экономическая проблема. Тем не менее, вместе с ростом стоимости угля растет и экономический потенциал процессов обогащения угля.

Наиболее распространенным и эффективным методом обогащения шламов является процесс флотации. Он позволяет получать высокие технико-экономические показатели обогащения частиц крупностью менее 0,5 мм. В течение многих лет флотация оставалась единственным методом обогащения угольных шламов.

При мокром способе обогащения угля образуется большое количество шламовых вод, которые содержат тонкодисперсные частицы, отрицательно влияющие на эффективность очистки вод, повторно использующихся в технологическом процессе.

Шламовые воды являются дисперсными системами, состоящими из дисперсной фазы и дисперсионной среды, в которых дисперсной фазой являются угольные частицы, а дисперсионной средой – технологическая вода. Между дисперсными частицами, как и между молекулами любого вещества, действуют межмолекулярные силы притяжения. Кроме того, тонкодисперсные угольные частицы в водной среде приобретают одноименный отрицательный заряд, который препятствует их сближению и образованию агрегатов из-за электростатических сил отталкивания. Поэтому, изменяя силы электростатического отталкивания или нейтрализуя их путем добавления полизлектролитов, можно управлять устойчивостью дисперсных систем. Обычно для этой цели используют высокомолекулярные флокулянты, позволяющие существенно повысить эффективность очистки технологических вод углеобогащения. Успешная реализация этого процесса возможна только при наличии теоретических основ управления агрегативной устойчивостью угольно-глинистых суспензий [1,2].