УДК 622.765; 504.7: 622.76

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ФЛОТАЦИОННО-ЭЛЕКТРОФЛОТАЦИОННОГО СПОСОБА ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ЭКОСИСТЕМЫ

Е. В. Филиппова¹, И. М. Щадов²

¹ *ФГБОУ высшего профессионального образования
«Забайкальский государственный университет», г. Чита*
E-mail: filena78@mail.ru

² *ФГБОУ высшего профессионального образования
«Иркутский национальный исследовательский технический университет», г. Иркутск*
E-mail: ivanschadov@index.ru

Представлен новый способ извлечения благородных металлов, который может быть использован для извлечения других металлов из различных техногенно-трансформированных отходов, в том числе хвостов флотации. Достигнуто повышение эффективности извлечения металлов, включая золото, и снижение отходов горной отрасли, что уменьшает антропогенное воздействие на природные экосистемы. Результат достигается тем, что флотационно-электрофлотационный способ отличается приготовлением газо-водной эмульсии электрохимическим методом за счет пропуска воды через анодную камеру проточного мембранного электролизера и одновременного насыщения водно-минеральной суспензии пузырьками водорода в катодной камере, в результате образовавшуюся смесь направляют в электрофлотоколону, где ее перемешивают и насыщают пузырьками воздуха обычной флотационной крупности. Способ был опробован на хвостах флотации и первичной руде.

Ключевые слова: флотационно-электрофлотационный способ, снижение экологической нагрузки, флотация, электрофлотация.

DOI: 10.34078/1814-0998-2019-2-38-45

При извлечении золота из рудных и россыпных месторождений, в том числе при использовании новых отечественных (Рыльников, 2010, 2014; Секисов, 2011; Секисов, Лавров, 2011; Секисов и др., 2012; Наумов и др., 2013; Орехова, 2014) и зарубежных (Valiunien et al., 2013; Kim et al., 2015; Petersen, 2015) технологий, образуется большое количество отходов (вскрышные породы, активные выщелачивающие растворы, флотационные реагенты и т. д.). Кроме того, наблюдается вторичное загрязнение территорий вследствие естественного процесса разрушения, к примеру, флотореагентов (Саградян, 1983), что негативно воздействует на окружающую природную среду. Для снижения данной нагрузки необходимо при флотационном обогащении снизить количество используемых флотореагентов. Авторами данная задача решена, и достигается экологический эффект благодаря внедрению комплексного флотационно-электрофлотационного способа, селективному разделению хвостов,

электроокислению остаточных флотореагентов после перевода продуктивных минералов в пенный продукт с последующим сливом в хвостохранилище.

Комбинированное флотационное обогащение включает приготовление газо-водной эмульсии, насыщение водно-минеральной суспензии пузырьками газа путем смешивания с приготовленной газо-водной эмульсией, минерализацию пузырьков газа и отделение минерализованных пузырьков в виде флотоконцентрата. Газо-водную эмульсию «кислород – вода» авторы предлагают готовить комбинированным методом: сначала подавать диспергированный воздух через распылители механическим методом, а затем электрохимическим – пропуская воду через анодную камеру проточного мембранного электролизера, одновременно насыщая пузырьками водорода в катодной камере. После насыщения водно-минеральной суспензии в катодной камере установки газо-водной эмульсией «водород – вода» образовавшуюся трехкомпонентную смесь совместно с газо-водной эмульсией «кислород – вода» анодной камеры направляют в рабочую

камеру флотомашин, где ее перемешивают и насыщают пузырьками воздуха обычной флотационной крупности.

Электрофлотацию авторы предлагают осуществлять путем пропускания мелких пузырьков газа сквозь обрабатываемый объем сбросной пульпы с золотоизвлекательной фабрики в случае флотации твердых включений. Мелкие пузырьки газа, в основном водорода и кислорода, получают электролитическим разложением воды. Определяющую роль в процессе электрофлотации выполняют пузырьки водорода, выделяющиеся на катоде. Их размер и интенсивность образования зависят в основном от состава электролита, поверхностного натяжения на границе раздела «электрод – раствор», материала и формы электродов, плотности тока. Электрохимический метод позволяет получить мелкие пузырьки кислорода без использования поверхностно-активных веществ (ПАВ), при этом коалесценции мелких пузырьков не наблюдается, сохраняется высокое поверхностное натяжение воды – одно из необходимых условий формирования флотационных комплексов «пузырек – частица».

Авторы утверждают, что смешивание водно-минеральной суспензии с предварительно приготовленной комбинированным электрохимическим методом газо-водной эмульсией «кислород – вода», которую получают, подавая диспергированный воздух через распылители и пропуская воду через анодную камеру проточного мембранного электролизера, позволяет насытить водно-минеральную суспензию мелкими пузырьками кислорода. Растворение кислорода в воде повысит окислительно-восстановительный потенциал водно-минеральной суспензии. Кислород в начальный период воздействия способствует сорбции на частицах сопутствующих элементов водно-минеральной суспензии анионов и молекул флотационного реагента-собираателя и дегидратации их поверхности. Селективное закрепление реагента-собираателя (ксантогената) гидрофобизирует поверхность извлекаемых минералов: сульфидов, меди, железа; увеличивает потенциальную способность их к образованию флотационных комплексов, одновременно подавляет жидкостные свойства, предотвращая потери меди, железа, серы.

При пропускании водно-минеральной суспензии через катодную камеру проточного мембранного электролизера происходит ее насыщение мелкими пузырьками водорода, которые образуются в результате электрохимических реакций без использования ПАВ. При таком способе генерации пузырьков водорода сохраняется высокое поверхностное натяжение воды в суспензии. Использование мелких пузырьков водорода повышает вероятность встречи пузырьков и тон-

ких частиц полезного компонента. Отсутствие ПАВ, требующихся для получения мелких пузырьков при механическом дроблении газовой фазы, и высокое поверхностное натяжение водно-минеральной суспензии способствуют закреплению тонких частиц золота и сопутствующих элементов на пузырьках и образованию флотационных комплексов. Таким образом, возрастает вероятность встречи и закрепления тонких частиц полезного компонента на мелких пузырьках газа, полученных авторами комбинированным механическим и электрохимическим методами. При этом повышается вероятность выноса тонких частиц полезного компонента во флотоконцентрат и снижаются финансовые затраты.

Подача воздуха в виде пузырьков флотационной крупности в насыщенную мелкими пузырьками водорода и кислорода водно-минеральную суспензию позволяет сформировать при объединении мелких минерализованных и флотационной крупности пузырьков флотационные комплексы, обладающие достаточной подъемной силой и способные быстро вынести минеральную нагрузку полезного компонента на поверхность. В результате увеличивается скорость транспортировки минеральной нагрузки во флотоконцентрат, возрастает удельная производительность электрофлотомашин. В целом возрастает извлечение тонких частиц золота и сопутствующих элементов. Соответственно повышается эффективность флотационного обогащения, снижаются потери ценных компонентов, а следовательно, экологическая нагрузка.

Механическое флотационное обогащение авторы предлагают осуществлять путем насыщения водно-минеральной суспензии пузырьками газа за счет смешивания ее с предварительно приготовленной механическим диспергированием газо-водной эмульсией, минерализации пузырьков газа и отделения минерализованных пузырьков в виде флотоконцентрата. Минеральную суспензию смешивают с газо-водной эмульсией, содержащей от 66 до 70% газа в виде пузырьков размером менее 50 мкм. Процесс минерализации пузырьков газа проводят при одновременном перемешивании и движении суспензии в восходящих и нисходящих потоках.

Эффективность способа подтверждается серией экспериментов по комбинированной электрофлотации, проведенных на хвостах одного из рудников. Предварительно авторы готовили газо-водную эмульсию «кислород – вода» путем пропускания воды через анодную камеру проточного мембранного электролизера. Пузырьки кислорода образовывались на анодах в результате электролитического разложения воды.

Одновременно насыщали водно-минеральную суспензию, содержащую измельченные частицы, пузырьками водорода, преимущественно размером менее 50 мкм. Насыщение осуществляли, пропуская минеральную суспензию через катодную камеру проточного мембранного электролизера. Указанного размера пузырьки водорода достигают изменением скорости пропускания водно-минеральной суспензии через катодную камеру проточного мембранного электролизера путем гидроабразивного их срыва с поверхности электродов. В катодной камере проточного мембранного электролизера за счет высокой вероятности встречи мелких пузырьков водорода и сульфидных, сульфосолевых (сульфосольных) минералов, в состав которых входят сопутствующие элементы и золото, формируют флотационные комплексы. Затем смешивают газо-водную эмульсию «кислород – вода» с водно-минеральной суспензией, насыщенной пузырьками водорода, и полученную смесь направляют в рабочую камеру электрофлотомашины, где ее перемешивают для предотвращения оседания минеральных частиц. При перемешивании смеси происходит процесс частичного окисления и селективной сорбции реагентов на гидрофобной поверхности сульфидов, минерализация пузырьков водорода и кислорода более крупными частицами полезного компонента. Флотацию осуществляют пропуская через нее пузырьки воздуха обычной флотационной крупности 0.6...1.2 мм.

Пузырьки воздуха обычной флотационной крупности получают дроблением воздуха механическими устройствами-распылителями. В результате коалесценции мелких минерализованных пузырьков кислорода и водорода и пузырьков обычной флотационной крупности получают флотационные комплексы, обладающие высокой скоростью всплытия, что повышает удельную производительность аппаратов. Высокая вероятность образования флотационных комплексов из тонких гидрофобизированных частиц сульфидов и золота, высокая скорость их транспор-

тировки во флотационный концентрат повышают эффективность обогащения полезного компонента. Отделение минерализованных полезным компонентом пузырьков осуществляется путем их всплытия на поверхность. Образовавшаяся на поверхности пена является флотоконцентратом.

Получившийся низкокачественный концентрат с флотационными и минеральными частицами отводится и используется повторно для довыщелачивания золота в кучах. Обедненные растворы направляются для дальнейшей трансформации в зону управляемой сорбции и дренажа в хвостохранилище (Филиппова, 2016а,б). Таким образом, экологическая нагрузка снижается благодаря использованию минимального количества флотореагентов.

Результаты серий экспериментов по оценке эффективности извлечения элементов из техногенно трансформированных отходов (хвосты флотации) и первичной руды с применением флотационного и комбинированного флотационно-электрофлотационного способа приведены на рис. 1.

Для первой серии экспериментов использовали первичную руду и хвосты флотации месторождения Кокпатас с содержанием золота 3.25 г/т (из 10 навесок) и 0.38 г/т соответственно.

Детально полученные в ходе серии экспериментов данные приведены в табл. 1.

В этом случае прирост составляет 11...15%, что указывает на эффективность извлечения новым комбинированным флотационно-электрофлотационным способом. Статистическая обработка подтверждает репрезентативность результатов 1-й серии экспериментов. Для определения погрешности серии измерений извлечения золота разными способами использовали среднеквадратичные (стандартные) отклонения, которые указывают на достоверность измерений и позволяют определить незначительные колебания во множестве относительно среднего значения. Полученный результат в раз-

Рис. 1. Извлечение золота флотационным и комбинированным флотационно-электрофлотационным способами (1-я серия экспериментов)

Fig. 1. Gold extraction by the flotation and combined flotation-electroflotation methods (1st series of experiments)

Таблица 1. Извлечение золота из первичной руды и хвостов флотации месторождения Кокпатас (1-я серия экспериментов)

Table 1. Gold extraction from primary ore and flotation tailings of the Kokpatas deposit (1st series of experiments)

Флотационный способ										
Показатель	№ пробы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EAu руда, %	78	82	82	88	85	87	88	83	85	87
EAu хв., %	22	18	17.5	17	20.5	24	18	16	20	21
Комбинированный флотационно-электрофлотационный способ										
Показатель	№ пробы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EAu руда, %	87	91	88	85	92	90	88	84	89	93
EAu хв., %	28	32	30.5	31	38	32.5	34	31	37	32

личных выборках, подтверждает высокую степень точности оценки.

Вторую серию экспериментов проводили на выборках с того же месторождения, результаты представлены в табл. 2.

Графически представленные результаты 2-й серии экспериментов (рис. 2) указывают на явное преимущество комбинированного флотационно-

электрофлотационного способа перед флотационным.

На универсальность комбинированного флотационно-электрофлотационного способа указывают результаты 3-й серии экспериментов, проведенных на лежалых хвостах флотации медно-никелевой руды, содержащей палладий (CNi = 0.085%, CPd = 0.01 г/т). Лежалые хвосты флотации

Таблица 2. Извлечение золота из первичной руды и хвостов флотации месторождения Кокпатас (2-я серия экспериментов)

Table 2. Gold extraction from primary ore and flotation tailings of the Kokpatas deposit (2nd series of experiments)

Флотационный способ										
Показатель	№ пробы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EAu руда, %	80	84	80	85	83	86	85	81	84	86
EAu хв., %	20	16	16	19	18	23	17	18	22	23
Комбинированный флотационно-электрофлотационный способ										
Показатель	№ пробы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EAu руда, %	89	93	86	80	90	88	88	90	87	92
EAu хв., %	26	31	29	30	34	31	36	32	38	33

Рис. 2. Извлечение золота флотационным и комбинированным флотационно-электрофлотационным способами (2-я серия экспериментов)

Fig. 2. Gold extraction by the flotation and combined flotation-electroflotation methods (2nd series of experiments)

подвергали переработке разными способами и в результате сравнивали эффективность извлечения элементов. В ходе третьей серии экспериментов получены результаты, представленные в табл. 3.

Графически результаты приведены на рис. 3.

Аналогично выполняли 4-ю серию экспериментов на лежалых хвостах флотации. Полученные результаты приведены в табл. 5.

Полученные зависимости от используемого способа показаны на рис. 4.

Таблица 3. Лежалые хвосты флотации (3-я серия экспериментов)

Table 3. False flotation tailings (3rd series of experiments)

Флотационный способ										
Показатель	№ пробы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ENi, %	32.3	28.5	29	29.9	31.4	40.2	38.5	33.4	30.9	31.2
CPd, мг/л	0.08	0.03	0.11	0.06	0.08	0.09	0.07	0.1	0.085	0.05
Комбинированный флотационно-электрофлотационный способ										
Показатель	№ пробы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ENi, %	58.5	46.4	42.2	48.75	50.1	52.4	57.5	53.2	52.1	50.4
CPd, мг/л	0.35	0.18	0.28	0.23	0.19	0.30	0.32	0.38	0.25	0.34

Рис. 3. Извлечение никеля и палладия флотационным и комбинированным флотационно-электрофлотационным способами (3-я серия экспериментов)

Fig. 3. Extraction of nickel and palladium by the flotation and combined flotation-electroflotation methods (3rd series of experiments)

Применение флотационно-электрофлотационного способа увеличило извлечение на 12...18%. Полученный результат в различных выборках аналогично подтверждает высокую степень точности оценки (табл. 4).

Полученный результат в различных выборках аналогично подтверждает высокую степень точности оценки (табл. 6).

В результате многолетних экспериментов доказана эффективность нового флотационно-элек-

Таблица 4. Результаты статистической обработки серий измерений извлечения элементов разными способами

Table 4. Statistics on series of measurements in different ways of extracting elements

Показатель	Среднее отклонение	Среднеквадратичное отклонение
Флотационный способ		
ENi, %	2.90	3.90
CPd, мг/л	0.02	0.02
Комбинированный флотационно-электрофлотационный способ		
ENi, %	3.59	4.84
CPd, мг/л	0.06	0.07

Таблица 5. Лежалые хвосты флотации (4-я серия экспериментов)

Table 5. False flotation tailings (4th series of experiments)

Флотационный способ										
Показатель	№ пробы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ENi, %	31.1	27.3	27.9	28.7	30.2	38.0	37.0	32.0	32.9	29.2
CPd, мг/л	0.06	0.04	0.09	0.06	0.06	0.07	0.05	0.09	0.07	0.06
Комбинированный флотационно-электрофлотационный способ										
Показатель	№ пробы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ENi, %	57.3	45.2	41.0	47.3	48.8	54.3	56.0	52.1	52.1	50.9
CPd, мг/л	0.32	0.22	0.31	0.25	0.17	0.32	0.29	0.35	0.29	0.33

Рис. 4. Извлечение никеля и палладия флотационным и комбинированным флотационно-электрофлотационным способами (4-я серия экспериментов)

Fig. 4. Extraction of nickel and palladium by the flotation and combined flotation-electroflotation methods (4th series of experiments)

Таблица 6. Результаты статистической обработки серий измерений извлечения элементов разными способами

Table 6. Statistics on series of measurements in different ways of extracting elements

Показатель	Среднее отклонение	Среднеквадратичное отклонение
Флотационный способ		
ENi, %	2.93	3.79
CPd, мг/л	0.01	0.02
Комбинированный флотационно-электрофлотационный способ		
ENi, %	4.34	5.33
CPd, мг/л	0.04	0.06

трофлотационного способа при извлечении не только золота, но и других элементов. Такой способ позволяет сократить применение флотореагентов, а следовательно, снизить негативную экологическую нагрузку на экосистемы.

ЛИТЕРАТУРА

Наумов В. А., Илалтдинов И. Я., Голдырев В. В. Изучение золотоносности намывных техногенных отвалов // Рудообразующие процессы: от генетических концепций к прогнозу и открытию новых рудных провинций и месторождений : Материалы Всерос. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. акад. Н. А. Шило. М. : ИГЕМ РАН, 2013. С. 220.

Орехова Н. Н. Научное обоснование и разработка технологии комплексной переработки и утилизации техногенных медно-цинковых вод горных предприятий : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Магнитогорск, 2014. 37 с.

Рыльникова М. В., Радченко Д. Н., Экс В. В. Классификация техногенных георесурсов в свете перспектив комплексного освоения рудных месторождений // ГИАБ. 2014. № 2. С. 91–102.

Рыльникова М. В. Экологически безопасные технологии в условиях рудных месторождений в условиях охраняемых территорий // Материалы VI Междунар. науч. конф. «Устойчивое развитие горных территорий в условиях глобальных изменений». Владикавказ, 2010. С. 246–252.

Саградян А. Л. Контроль технологического процесса флотационных фабрик. М. : Недра, 1983. 407 с.

Секисов А. Г. Геолого-технологическая оценка и новые геотехнологии освоения природного и техногенного золотосодержащего сырья Восточного Забайкалья. Чита : ЗабГУ, 2011. 312 с.

Секисов А. Г., Лавров А. Ю., Шевченко Ю. С. и др. Геотехнологии извлечения дисперсного и «тонкого» золота из техногенных минеральных образований Забайкальского края // Там же. 2012. № 1 (80). С. 34–42.

Секисов А. Г., Лавров А. Ю. Перспективные способы выщелачивания золота из техногенных образований Забайкалья с использованием фото-электрохимических процессов // Вестник ЧитГУ. 2011. № 2 (69). С. 106–115.

Филиппова Е. В. Влияние миграции золота из техногенных образований на создание в хвосто-

хранилище зоны накопления : Материалы IV Международ. НПК // Actualscience. НИЦ «Актуальность. РФ». 2016а. Т. 2, № 4. С. 8–9.

Филиппова Е. В. Разработка и апробация новой экологозащитной геотехнологии на золоторудном предприятии Забайкальского края // Вестник ИрГТУ. 2016б. Вып. 7 (114). С. 172–183.

Kim S. H. et al. Monitoring of TiO_2 – catalytic UV-LED photo-oxidation of cyanide contained in mine wastewater and leach ate // Chemosphere. 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.07.006>

Petersen J. Heap leaching as a key technology for recovery of values from low-grade ores – a brief overview // Hydrometallurgy. 2015. DOI: 10.1016/j.hydromet.2015.09.001

Valiunien A. et al. The degradation of cyanide by anodic electrooxidation using different anode materials // Process Safety and Environmental Protection. 2013. Vol. 91. P. 269–274.

Поступила в редакцию 04.04.2017 г.

Поступила после переработки 02.10.2018 г.

PERSPECTIVES OF IMPLEMENTING THE FLOTATION-ELECTROFLOTATION METHOD FOR EXTRACTING METALS TO REDUCE THE ENVIRONMENTAL LOAD ON ECOSYSTEMS

E. V. Filippova¹, I. M. Shchadov²

¹ Transbaikal State University, Chita

² Irkutsk National Research Technic University, Irkutsk

The paper presents a new method for extracting precious metals, which can be used to extract other metals from various technogenically transformed waste products, including flotation tailings. An increase in the extraction efficiency of metals, including gold, and a reduction in mining waste, has been accomplished, which reduces the anthropogenic impact on natural ecosystems. The flotation-electroflotation method is based on the electrochemically prepared gas-water emulsion by passing water through the anode chamber of a flow membrane cell and simultaneously saturating the mineral slurry with hydrogen bubbles in the cathode chamber. The resulting mixture is directed to an electrofloatation column, where it is mixed and saturated with air bubbles of a conventional flotation size. The method was tested on flotation tailings and the primary ore.

Keywords: flotation-electroflotation method, reduction of ecological load, flotation, electroflotation.

REFERENCES

Filippova, E. V., 2016, Development and Approbation of New Environmental Protection Geotechnology at the Gold Mining Enterprise in Zabaikalsky Kray, *Bulletin of IrSTU*, 7 (114), Irkutsk, Irkutsk State Technical University, 172–183 [In Russian].

Filippova, E. V., 2016, Impact of Gold Migration from Technogenic Formations on Creating an Accumulation Zone in the Tailings Pond, *Materials of the IV International NPC, Actualscience, SIC Actuality*, 2, 4, 8–9 [In Russian].

Kim, S. H. et al., 2015, Monitoring of TiO_2 – Catalytic UV-LED Photo-Oxidation of Cyanide Contained in Mine Wastewater and Leach Ate, *Chemosphere*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.07.006>

Naumov, V. A.; Iltaltdinov, I. Ya.; Goldyrev, V. V., 2013, Studying of Gold Content of Alluvial Man-Made Dumps, *Ore-Forming Processes: from Genetic Concepts to Forecasting and Discovery of New ore Provinces and Deposits, Materials of All-Russia Conference Dedicated to, The 100th Anniversary of Academician N. A. Shilo*, Moscow, IGEM RAS [In Russian].

Orekhova, N. N., 2014, Scientific Substantiation and Development of the Technology for Complex Processing and Utilizing Technogenic Copper-Zinc Waters from Mining Enterprises, Author's Abstract, Dr. Tech. Sciences, Magnitogorsk [In Russian].

- Petersen, J., 2015, Heap Leaching as a Key Technology for Recovery of Values from Low-Grade Ores – a Brief Overview, *Hydrometallurgy*, DOI: 10.1016/j.hydromet.2015.09.001
- Rylnikova, M. V., 2010, Ecologically Safe Technologies Ore Deposits Complex Exploration in Conditions of Protected Territories, *Materials of VI Intern. Sci. Conf. "Sustainable Development of Mountain Territories in the Context of Global Change"*, Vladikavkaz, 246–252 [In Russian].
- Rylnikova, M. V.; Radchenko, D. N.; Eks, V. V., 2014, Classification of Technogenic Georesources in the Light of Perspectives for Integrated Development of Ore Deposits, *Mining Information and Analytical Bulletin*, 2, 91–102 [In Russian].
- Sagradyan, A. L., 1983, Control of the Technological Process at Flotation Factories, Moscow, Nedra [In Russian].
- Sekisov, A. G., 2011, Geological and Technological Assessment and New Geotechnologies for the Development of Natural and Technogenic Gold-Bearing Raw Materials in East Transbaikalia, Chita, ZabSU [In Russian].
- Sekisov, A. G.; Lavrov, A. Yu., 2011, Perspective Ways of Leaching Gold from Technogenic Formations in Transbaikalia Using Photoelectrochemical Processes, *Bulletin of the Chita State University*, 2, 69, 106–115 [In Russian].
- Sekisov, A. G.; Lavrov, A. Yu.; Shevchenko, Yu. S.; Manzyrev, D. V.; Petukhov, A. A.; Konareva, T. G., 2012, Geotechnologies for the Extraction of Dispersed and "Fine" Gold from Technogenic Mineral Formations in Zabaikalsky Krai, *Bulletin of the Chita State University*, 1, 80, 34–42 [In Russian].
- Valiunien, A. et al., 2013, The Degradation of Cyanide by Anodic Electrooxidation Using Different Anode Materials, *Process Safety and Environmental Protection*, 91, 269–274.