

О. Н. Кононова
А. Г. Холмогоров
Ю. С. Кононов

**СОРБЦИОННОЕ
ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЗОЛОТА
ИЗ РАСТВОРОВ И ПУЛЬП.
ХИМИЗМ ПРОЦЕССА,
СЕЛЕКТИВНОСТЬ, ТЕХНОЛОГИЯ**

Монография

Институт цветных металлов и материаловедения



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBIRIAN FEDERAL UNIVERSITY

Министерство образования и науки Российской Федерации

Сибирский федеральный университет

О. Н. Кононова, А. Г. Холмогоров, Ю. С. Кононов

**СОРБЦИОННОЕ
ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЗОЛОТА
ИЗ РАСТВОРОВ И ПУЛЬП.
ХИМИЗМ ПРОЦЕССА,
СЕЛЕКТИВНОСТЬ, ТЕХНОЛОГИЯ**

Монография

Красноярск
СФУ
2011

УДК 669.21/22
ББК 34.33
К64

Рецензенты:

А. А. Блохин, д-р техн. наук, проф. Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета);

А. М. Долгоносов, д-р хим. наук ведущий научный сотрудник ГЕОХИ РАН;

В. М. Балакин, канд. хим. наук, проф. Уральского лесотехнического университета.

Кононова, О.Н.

К64 Сорбционное извлечение золота из растворов и пульп. Химизм процесса, селективность, технология: монография / О. Н. Кононова, А. Г. Холмогоров, Ю. С. Кононов.– Красноярск : Сиб. федер. ун-т. 2011. – 200 с.
ISBN 978-5-7638-2294-6

Монография содержит теоретические и практические аспекты сорбционного извлечения золота из цианистых, тиосульфатных, тиоцианатных и тиомочевинных растворов, приведены сведения, характеризующие состояние операций при получении золота: химизм процессов, выщелачивание, сорбционное извлечение и десорбцию золота. Особое внимание обращено на критерий выбора способов выщелачивания сорбентов и на факторы, влияющие на селективность извлечения золота из сложных растворов. Обоснован выбор ионита для извлечения золота из щелочных растворов – сильные органические основания с константой кислотной диссоциации (pK_a) более 10. Рассмотрено сорбционное извлечение золота в исследовательском и промышленном масштабах из указанных растворов. Значительное внимание уделено промышленному применению цианидной и нецианидных технологий, где представлен опыт как отечественных, так и зарубежных предприятий.

Предназначена для исследователей и технологов, а также для аспирантов и студентов вузов, изучающих химию, технологию и металлургию благородных металлов.

**УДК 669.21/22
ББК 33.34**

ISBN 978-5-7638-2294-6

© Сибирский федеральный университет, 2011

ПРЕДИСЛОВИЕ

В связи с выработкой россыпных месторождений золота и вовлечением в переработку коренных месторождений с низким содержанием золота и сложным составом, а также вторичного сырья, требуются новые, более эффективные технологии. Выщелачивание золота цианированием с сорбционным извлечением из растворов и пульпы, элюированием золота сернокислыми растворами тиомочевины с последующим осаждением из элюатов электролизом является основным способом промышленного его получения.

Существенное упрощение схемы получения золота связано с созданием и использованием анионитов, обладающих свойствами сильных органических оснований с pK_a более 10, которые позволяют проводить элюирование золота растворами щелочи. В этом случае десорбция золота щелочными растворами имеет экономическое и экологическое преимущества перед десорбцией кислыми реагентами. Кроме того, анионит, оставаясь все время в условиях щелочного раствора, не подвергается осмотическому удару, что способствует продлению срока его службы.

Технология, основанная на цианидном выщелачивании, в настоящее время является по-прежнему ведущей и подвергается усовершенствованию. Так, например, разрабатывается сорбционное цианирование, совершенствуются способы подготовки упорных руд (например, окислительное и бактериальное разложение минералов, автоклавное выщелачивание). Поэтому в данной работе уделено значительное внимание способам подготовки сырья и разработке критериев подбора ионитов для извлечения золота из цианидных растворов. Показано, что селективность выделения золота из таких растворов повышается при использовании ионитов с редко расположенными функциональными группами, которые обладают повышенным сродством к однозарядным ионам.

Золоторудное сырье, содержащее медистые или сурьмянистые минералы, при цианировании требует повышенного расхода реагента из-за высокой комплексообразующей способности цианида, приводящей к образованию устойчивых комплексов с цветными металлами

и железом, присутствующими в сырье. Такие упорные руды и концентраты практически нерационально перерабатывать методом цианирования, что заставляет обращаться к использованию других комплексообразующих реагентов, применяя для выщелачивания золота альтернативные цианиду тиосульфаты, тиоцианаты или тиомочевину. При этом значительно увеличивается скорость процесса выщелачивания и возрастает полнота растворения золота.

В связи с вышеизложенным в данной книге приводятся сведения, характеризующие проблемы получения золота: выщелачивание (цианидное и при помощи нецианидных реагентов), извлечение золота на ионитах и его сравнение с сорбцией на углеродных адсорбентах, десорбция золота. Особое внимание уделено критериям выбора как способов выщелачивания, так и ионитов, рассмотрены факторы, влияющие на извлечение золота из сложных растворов.

Известно, что состояние золота в растворах в виде комплексных ионов определяет выбор сорбентов для его извлечения. Так, для работы в щелочных средах наиболее пригодны сильные органические основания с $pK_a > 10$. В этом случае десорбция золота щелочными растворами имеет экономическое и экологическое преимущества перед десорбцией кислыми реагентами. Основность анионитов играет главную роль и при извлечении золота из кислых тиоцианатных растворов. Сорбированные тиоцианатные комплексы золота можно эффективно извлечь при помощи щелочных растворов тиоцианата калия.

Значительное место в данной монографии уделено промышленному применению цианидной и нецианидных технологий, где представлен опыт как отечественных, так и зарубежных разработок. Все вышеизложенное позволяет рекомендовать данную книгу как для научных и инженерно-технических работников, так и для студентов, специализирующихся в области металлургии золота.

Главы 1, 3 – 6 написаны О. Н. Кононовой, глава 2 – Ю. С. Коновым и А. Г. Холмогоровым.

Авторы благодарят Московское представительство фирмы Rigolite Int. Ltd. за любезно предоставленные образцы ионитов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
Глава 1. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗОЛОТА.....	5
Глава 2. ЦИАНИДНОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЗОЛОТА.....	11
2.1. Термодинамика процесса выщелачивания золота цианированием.....	11
2.2. Подготовка руд и концентратов к цианидному выщелачиванию золота.....	15
2.3. Исследование механизма сорбции цианистых комплексов золота ионитами.....	22
2.4. Селективность извлечения золота.....	28
2.5. Анионообменное извлечение золота из цианистых растворов и пульп.....	43
Глава 3. НЕЦИАНИДНЫЕ СПОСОБЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА.....	79
3.1. Общая характеристика нецианидных реагентов для извлечения золота.....	79
Глава 4. ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЗОЛОТА ИЗ ТИОСУЛЬФАТНЫХ РАСТВОРОВ.....	85
4.1. Тиосульфатное выщелачивание золота.....	85
4.2. Сорбционное извлечение золота из тиосульфатных растворов.....	98
Глава 5. ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЗОЛОТА ИЗ ТИОЦИАНАТНЫХ РАСТВОРОВ.....	113
5.1. Тиоцианатное выщелачивание золота.....	113
5.2. Сорбционное извлечение золота из тиоцианатных растворов.....	126
Глава 6. ТИОМОЧЕВИННОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ЗОЛОТА	162
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	193