

Биологическая металлургия

Лев Певзнер, к.т.н., Мастер ТРИЗ, Бостон (США)

Аннотация

В статье рассмотрено развитие нового направления в металлургии - биометаллургии, как реализации закона перехода на микроуровень.

The article deals with the development of a new direction in metallurgy - biometallurgy, as the step of the law of transition to a micro-level.

Известно, что все месторождения железа формируются работой бактерий, которые вытягивают из растворов железо и все железорудные месторождения – останки этих бактерий. Аналогично могут создаваться месторождения других металлов. Исследования и практический опыт показали, что бактерии могут быть эффективно использованы для добычи металлов.

1. Конкреции

В 1878 году британский научный парусник «Челленджер» вернулся из путешествий с загадочными металлическими шишками, которые были подняты с морского дна. Химический анализ показал, что состоят они из марганца и железа. Их так и назвали - железомарганцевые конкреции. Исследования показали, что их месторождения очень велики и находятся на океанском дне в разных регионах разных океанов. Однако с ростом потребности в качественных сталях выросла и потребность в марганце. Именно поэтому и начались работы по созданию технологий использования конкреций.



Илл. 1. Железомарганцевые конкреции

Анализ районов, в которых были обнаружены конкреции дали ошеломляющие результаты. На дне Тихого океана скопилось около 100 миллиардов тонн железомарганцевой руды. Аналогичны запасы Атлантического и Индийского океанов.

Но как появились эти «месторождения»? Их возникновение связано с продуктами жизнедеятельности морских бактерий «микрообогатителей». Это металлогенные бактерии, способные извлекать из воды и концентрировать марганец.

В лабораторных условиях эти бактерии показали высокую работоспособность: за две-три недели они создавали марганцевые конкреции величиной 2-3 мм. Казалось бы это очень медленно. Зато за многие годы можно получать вполне значительные урожаи.

Вы скажете – это медленно! Но ведь и сады высаживаются с расчетом на десятилетия, и лес высаживают, понимая, что «урожай» будет через 60-80 лет. Люди учатся мыслить на большие перспективы.

3. Бактерии для добычи меди

В начале XXI века В штате Юта (США) были выработаны и закрыты медные рудники. В целях безопасности их затопили. Каково же было удивление хозяев, когда они через два года начали откачивать воду, и в ней оказалось много меди. Из нее извлекли 12 тысяч тон меди. Вскоре аналогичные технологии применили в Мексике и тоже успешно. Исследования показали, что причиной этого явления стали бактерии. Они с удовольствием поедают нерастворимые сульфиды меди, переводя их в растворимые соединения. Более того, эксперименты показали, что если при обычном химическом окислении за 24 дня из медьсодержащей руды халькопирита выщелачивается только 5% меди, то при наличии бактерий за 4 дня извлекается 80% меди. Разумеется, это при оптимальных условиях – 30-35 °С и тщательно измельченная руда. Но все равно, результаты впечатляют. А главное, бактерии могут работать прямо в почве, без грунтовых работ, да еще при малых содержаниях металла в руде. Достаточно просто орошать почву водой с бактериями, а потом в шахте под месторождение собирать воду с растворенной медью.

Промышленные эксперименты в разных странах показали эффективность этого метода при разработке отвалов рудных месторождений, повторном использовании выработанных месторождений и разработке месторождений с низким содержанием металла.



Илл. 2. Фото медных шахт Асио (Хонсю, Япония)

Например, в Мексике на месторождении Кананеа отвалы составляли около 40 миллионов тонн. Содержание меди в них было всего 0,2%. То есть обычное обогащение было нерентабельным. Тогда попробовали орошать их шахтной водой, стекающей в подземные резервуары. И о чудо! Всего за месяц из стоков было добыто 650 тонн металла.

В России промышленная установка по бактериальному выщелачиванию меди из отвалов и отработанных карьеров начала действовать на Урало-Дегтярском руднике еще 1964 году.

Исследования показали, что разные микроорганизмы способны извлекать и другие металлы – уран, золото, германий, рений, галлий, индий, таллий, цинк, никель, кобальт, титан, алюминий. Пока есть достаточно значительные месторождения металлов, которые можно интенсивно использовать в традиционной металлургии, биологическая металлургия экономически не оправдана. Но с выработкой богатых месторождений этих ископаемых, методы биологической добычи могут стать актуальными. Тем более что у такого метода добычи есть большие преимущества:

- не нужно держать под землей шахтеров,
- отпадает необходимость в заводах по обжигу и обогащению медной руды.

2. Бактерии, добывающие литий.

Американские химики из Университета Южной Флориды разработали технологию использования плесени для получения лития из отслуживших свой срок аккумуляторов. С учетом того объема литиевых аккумуляторов, которые используются в настоящее время, такая технология крайне актуальна. Более того, анализ показал, что аналогично может быть организована добыча кобальта из старых аккумуляторов.

В своих разработках ученые использовали три штамма грибов: *Aspergillus niger*, *Penicillium simplicissimum* и *Penicillium chrysogenum*. Эти бактерии были выбраны, как доказавшие свою эффективность в области извлечения металлов из других видов отходов.

Технология извлечения металлов выглядит достаточно просто. Катоды старых аккумуляторов измельчались, а в измельченный концентрат помещались плесневые грибы. Эти грибы вырабатывали щавелевую и лимонную кислоты, которые и "извлекали" из катода кобальт и литий.

В настоящее время применение грибов позволяет извлечь из концентрата до 85% лития и до 48% кобальта. Но это только часть технологии. Металлы находятся в жидкой кислотной среде, и необходимо разработать технологию их от кислоты.

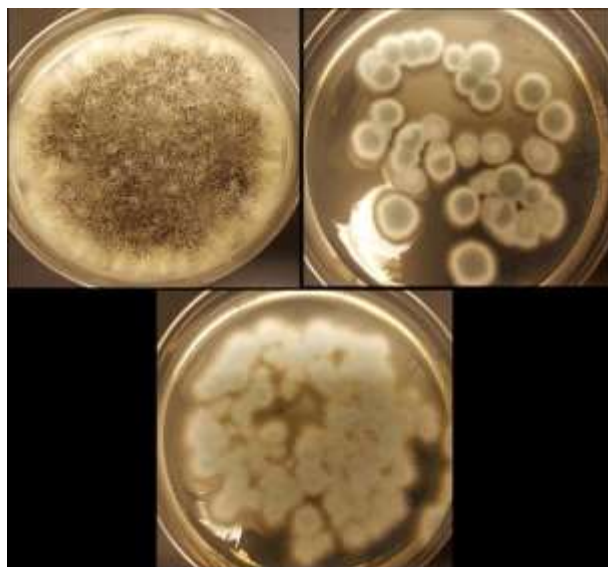


Рис. 7. Колонии бактерий при добыче лития

То, что бактерии способны извлекать литий и кобальт из отходов – большой шаг в создании бактериальной металлургии.

4. Тенденции к освоению все более и более бедных месторождений.

По мере истощения богатых месторождений, начинается использование более бедных месторождений, которых гораздо больше. Но при этом приходится привлекать другие технологии добычи. Проследим эту тенденцию на нескольких примерах.

4.1. Железо.

Сначала железо выплавлялась из богатых руд. В России это были гора Высокая и Благодать (Урал), а также другие месторождения, где были чистые железные руды. Аналогичны были месторождения в средневековой Англии и Германии. Но скоро богатые месторождения были исчерпаны. Теперь руда добывается на Качканарском, Соколовско-Сарбайском месторождениях, Курской магнитной аномалии. Но руды там более бедные, поэтому добытая руда поступает на обогатительные комбинаты, где получается железорудный концентрат. Аналогичны месторождения в Австралии, Индии, Пакистане, Бразилии, Китае и других странах.

4.2. Нефть.

Первые месторождения нефти выходили на поверхность самостоятельно или при неглубоком бурении под собственным давлением. Постепенно эти месторождения были исчерпаны, и добывать стали из более глубоких месторождений и с морского дна. Но и они стали недостаточными. Тогда появилась технология добычи сланцевой нефти из бедных месторождений.

Итак, с развитием технологий проявляется тенденция постепенного перехода добычи от использования богатых полезными ископаемыми месторождений к более бедным, зато более обширным по масштабам.

5. Тенденция перехода к более длительным по срокам инвестициям и более значительным инвестициям

С развитием общества, в обществе с одной стороны исчерпываются богатые доступные материальные природные ресурсы, с другой стороны возрастают материальные ресурсы, которые можно вкладывать в долгосрочные проекты.

Долгое время человек хищнически вырубал леса, считая, что они вполне самовосстанавливаются. Но с ростом объемов вырубок, самовосстановления стало невозможным. И тогда законодательно были установлены правила лесовосстановления. Теперь в Канаде и США лесовосстановление по площади выравнивается с лесозаготовками. То есть, создан цикл производства древесины, когда возврат инвестиций осуществляются через десятилетия.

Добыча газа и нефти все больше удаляется от мест переработки (Западно-Сибирские болота, Ямал). Значительные и долголетние инвестиции приходится делать в систему газо- и нефтеперекачки.

Получения электроэнергии из возобновляемых источников требует больших инвестиций, которые требуют больших сроков возврата.

С учетом сказанного, можно предположить, что большие инвестиции в биометаллургию, как перспективное направление, вполне возможны, хотя и будут возвращаться через длительное время.

В ы в о д ы

1. Биометаллургия – новая технология, являющаяся шагом в законе перехода на микроуровень в металлургии.

2. Бактерии способны активно разрушать нерастворимые соединения металлов, переводя их в растворимое состояние. Это и используется в биометаллургии.

3. Использование бактерий позволяет перевести процесс подготовки месторождений и технологию добычи ценных ископаемых на микроуровень, что соответствует законам развития технических систем.

4. Пока есть богатые месторождения металлов, руду которых выгодно использовать в традиционных промышленных процессах – выплавление, выщелачивание и других, промышленное использование биометаллургии оказывается экономически оправданным только при извлечении металлов из брошенных выработок и отвалов. Это связано с наличием готового ресурса – под землей уже есть коммуникации, из которых можно откачивать обогащенную металлом воду. Но с развитием сланцевых технологий, аналогичные методы создания дешевых подземных трубопроводов, могут быть созданы и при добыче металлов. При этом для бедных месторождений они могут стать экономически оправданными.

5. Можно уверенно предсказывать, что с течением времени, с выработкой богатых месторождений, значение биометаллургии будет возрастать. Это соответствует тенденции сразу двум законам развития техники:

- закону перехода на микроуровень - работают бактерии вместо механической добычи;

- закон вытеснения человека из системы — практически добыча может осуществляться без участия людей чисто автоматизированным производством.

6. Человечество уже научилось работать с долгосрочными инвестициями в экологически значимые процессы и использование природной среды без нанесения ущерба для природы. Биометаллургия может занять достойное место среди промышленности будущего.