

*А.Е. Непряхин, А.Ю. Бережной, В.Г. Чайкин, А.И. Шевелев, А.И. Щеповских*  
 ЦНИИГеолнеруд, Минприроды РФ, г. Казань

## ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННЫХ РУД ВЯТСКО-КАМСКОЙ МЕДЕНОСНОЙ ПОЛОСЫ

Рассматриваемые техногенные руды – это отвальные рудоносные породы старых шахтных и штольневых выработок на медь. Отвалы группируются в линейные дугообразные полосы и, в единичных случаях, в изометричные участки, где отвалы располагаются на расстоянии 30-250 м друг от друга и трассируют положение полностью или частично обработанных рудных тел и горизонтов. Шахтные отвалы приурочены к водораздельным пространствам и имеют форму усеченного конуса с воронкообразным углублением в центральной части, фиксирующим ствол горной выработки. Размеры в среднем составляют 60 м в диаметре и 3 м по высоте. Штольневые отвалы располагаются на склоне речных долин, имеют отвальную форму при диаметре 55 м и высоте 4 м.

В пределах Вятско-Камской полосы по разным источникам можно выделить более 35 (25 на правобережье р. Вятки и более 10 в Закамье) пространственно обособленных крупных (включающих от 10 до 40 отвалов) групп отвалов, которые выделяются в самостоятельные штольне-шахтные поля. Почти все поля расположены в пределах природных рудных залежей и в определенной мере отражают состав обрабатывавшихся рудных горизонтов и рудовмещающих пород.

Техногенные окисленные медные руды слагают многочисленные отвалы старых медных рудников и практически распространены по всей Вятско-Камской полосе от Кировской области на северо-западе до Оренбургской области на крайнем юго-востоке.

Процессы гипергенеза оказали решающее влияние на свойства описываемого типа руд. На 65-70 % они состоят из глинисто-землистой массы (продукт разрушения извлеченных на дневную поверхность рудных обломков и вмещающих пород), до 30-35 % массы отвалов составляют обломки руд и вмещающих пород, сохранившие первичную структуру, а также меденосные конкреции.

В породах отвалов видимая медная минерализация представлена налетами, корочками, пленками малахита и азурита, иногда желто-красными медно-железистыми охрами; иногда она пропитывает породы. Весьма редко встречаются тонко рассеянные медные сульфиды (халькозин, ковеллин и др.).

Почти все отвальные породы содержат конкреции (желваки) малахитового, азурит-малахитового, куприт-азурит-малахит-гидрожелезистого, иногда сложного сульфидно-окисно-карбонатного состава. Отмечаются единичные случаи наблюдений (в Закамской зоне) в ядрах конкреций мелких зерен сульфоарсенита серебра (пруссита). Количество конкреций в отвальных породах небольшое, содержание меди колеблется от 10 до 48 %. Доля меди в конкреционной форме составляет от 2 до 27 % относительно общего содержания меди в рудах.

Доля водорастворимой формы меди в рудах составляет от 0,01 до 0,5 отн. %. Доля обменносорбированной (легкодесорбируемой) формы меди колеблется в интервале 0,01-0,6 отн. %. Доля карбонатной меди, извлекаемой ацетатно-уксуснокислотной вытяжкой, в рассматриваемых рудах значительна, в среднем 45 отн. %.

Доля меди, связанной с оксидами и гидроксидами железа, а также доля труднодесорбируемой формы меди в совокупности составляют в среднем 54 отн. %.

Большое технологическое значение имеют текстурно-структурные особенности рассматриваемых руд, которые неблагоприятны для обогащения с использованием традиционных методов. В основной массе отвалы сложены аморфными землисто-порошковатыми, часто рыхлыми рудами, имеющими цементные, колломорфные, волокнистые и землистые текстуры и структуры. Преобладает (более 80 отн.%) медная минерализация, которая при обогащении оказывается в мелкодисперсной фракции хвостов. Она представлена мелкими субмикроскопическими дисперсно-коллоидными рудными зернами, образующими сложные сростания с нерудными (преимущественно с глинистыми) минералами. В процессе химического растворения (выщелачивания), напротив, данная форма медной минерализации извлекается наиболее эффективно.

На основании технологического изучения техногенных руд Вятской зоны следует выделить следующие сорта (по мере возрастания распространенности):

Сорт А (с) – богатые руды с содержанием меди 1,13-2,57 % (средневзвешенное содержание меди – 2,17 %), удельная кислотоемкость не более 15 кг  $H_2SO_4$ /кг Cu, перерабатываются сернокислотным выщелачиванием (извлечение меди 91,0 %);

Сорт Б (с) – бедные руды с содержанием меди 0,15-0,4 % (средневзвешенное – 0,224 %), удельная кислотоемкость не более 15 кг  $H_2SO_4$ /кг Cu, перерабатываются сернокислотным выщелачиванием (извлечение – 86,5 %);

Сорт В (а) – рядовые руды (средневзвешенное содержание меди – 0,71 %), величина параметра удельная кислотоемкость более 15 кг  $H_2SO_4$ /кг Cu, перерабатываются аммиачным выщелачиванием (извлечение меди – 82,3 %).

В “медных” рудах отвалов установлены следующие вариации содержаний благородных металлов (при принятых бортовых содержаниях серебра – 10, золота и платиноидов – 0,1 г/т): серебра 10-1470 (среднее – 90), золота 0,1-4,07 (1,1), платины 0,1-0,83 (0,6), палладия 0,1-1,16 (0,6) г/т. При этом для техногенных руд Закамья характерно резко повышенное аномальное и среднее содержание серебра по сравнению с аналогичными рудами правобережья р. Вятки. В углефицированных и битуминозных породах отвалов зафиксированы следующие содержания благородных металлов (при тех же бортовых со-

держаниях): золота 0,1-2,02 (среднее – 0,8), платины 0,1-0,34 (0,3), палладия 0,1-0,6 (0,4) г/т.

Техногенные шлаковые поликомпонентные руды представляют собой шлаки старых медеплавильных производств. Выплавка меди в XVIII-XIX в.в. интенсивно велась в Вятской и Казанской губерниях на 17-ти медеплавильных заводах. Предварительные данные обнаруживают наличие в данных рудах кроме меди значительных количеств золота, серебра, палладия, никеля, кобальта.

На основании изучения различных фракций охарактеризована основная форма нахождения меди в виде сплавов с различным содержанием железа (17-54%), кобальта, никеля, хрома, серебра, золота, палладия и олова. Данная форма меди по таким технологическим параметрам, как измельчаемость, плотность, твердость, ковкость, хорошо контрастирует с основной массой шлаковой стекловидной высококремнистой породы. Обнаруженная контрастность предполагает возможность достаточно легкого обогащения полезных компонентов руды с использованием известных методов и способов.

Техногенные шлаковые руды более устойчивы к процессам гипергенеза, чем техногенные окисленные руды, поскольку сплавы на основе преобладающих компонентов – меди и железа в виде каплеобразных, сферических или удлинённых окатанных металлических частиц размерами 0,1-2,5 мм запечатаны в непроницаемой стеклоподобной массе. Кроме того, возможна полная утилизация отвалов шлаковых руд при использовании рудовмещающей породы в керамической и/или строительной промышленности или в качестве абразива.

В целом, масса отвалов Вятско-Камской полосы составляет 10,5 млн т. По нашим данным, 70% отвалов имеют промышленные (0,3-0,8%) концентрации меди и ряда сопутствующих ценных компонентов, как в глинисто-землистой, так и в обломочной (и тем более в желваках) массе. Это 7,5 млн т промышленно перспективной руды при возможном выходе металлов: меди порядка 38 тыс т, серебра – 200 т, золота и платиноидов – первые тонны.

Для определения целесообразности вовлечения в промышленную переработку месторождений медных техногенных руд проведена их предварительная геолого-экономическая оценка без учета возможности извлечения сопутствующих меди полезных компонентов. Используются данные геологического и технологического изучения 12 проявлений техногенных руд. Каждое из них представляет собой группу отвалов меденосных пород. Общие прогнозные ресурсы (категория P<sub>2</sub>) изученных проявлений, которые для упрощения рассматриваются нами как единое месторождение, составляют 2164873 т руды и 14592 т меди со средним содержанием меди 0,71%.

Производство металла будет происходить по схеме: серноокислотное или аммиачно-хлоридное кучное выщелачивание и электролиз продуктивных растворов с получением катодной меди. Годовая производительность предприятия, принятая нами 100 тыс т руды, срок его существования соответственно – 22 года. Цена меди (сорт А) на сырьевых биржах в середине 1998 г. составила 1735 дол./т. Эта цена принята для расчетов.

Стоимость оборудования составит 1450 тыс долларов; срок полного его износа – 10 лет, т.е. амортизаци-

онные отчисления на восстановление оборудования – 10% в год или 1,45 \$ на тонну руды. Стоимость капитальных сооружений (склады, гаражи и т.д.) определена в 1683 тыс \$ с погашением ежегодно 76500 \$ или 0.76 \$/т руды. Разубоживание руды в процессе ее перемещения предполагается до 5%, извлечение меди из руд по вышеназванной схеме колеблется от 75 до 95%, в среднем 85%.

По данным зарубежных источников стоимость переработки руд кучным выщелачиванием (подготовка ложа, укладка руды, реагенты и пр.расходы) составит 3,0 \$/т руды. Процесс выщелачивания – сезонный; затраты на организацию работ весной и консервацию оборудования осенью – 0,21 \$/т руды (7% от стоимости переработки).

Итак, общие производственные затраты составляют 5,42 долларов на 1 тонну руды.

Основные параметры геолого-экономической оценки месторождения техногенных руд приведены в таблице. Уровень рентабельности составит 83,4% при нормативном уровне для горнодобывающих производств – 15%.

Высокий уровень рентабельности при невысоком уровне содержания полезного компонента в рудах объясняется отсутствием затрат на добычу руды; низкими капитальными затратами, т.к. нет необходимости строить капитальные горные выработки (рудник) и обоганительную фабрику; отсутствием металлургического передела; высоким уровнем извлечения меди из руд; устойчивыми и высокими ценами цветных металлов на мировом рынке. Необходимо отметить, что предприятие может нормаль-

Показатель	Ед. измерения	Значение
Содержание полезного компонента (медь) в руде:		
от	%	0,3
до	%	1,45
среднее по группе месторождений	%	0,71
Ресурсы руды	тонн	2061784
в т.ч. с учетом разубоживания (5%)	тонн	2164873
Ресурсы полезного компонента (медь)	тонн	14592
Содержание меди в товарной руде с учетом разубоживания	%	0,674
Годовая производительность по руде	тонн	100000
Обеспеченность предприятия ресурсами	лет	22
Общее извлечение меди из руд в процессе обогащения и переработки	%	85 (от 75 до 95)
Количество меди извлекаемое из тонны руды	кг	5,73
Ресурсы полезного компонента с учетом коэффициента извлечения	тонн	12404
Годовая производительность предприятия по меди	тонн	573
Стоимость товарной продукции в тонне руды	долл.	9,94
Стоимость товарной продукции:		
в расчетный год	долл.	994000
за весь период эксплуатации	долл.	21518838
Эксплуатационные затраты:		
на тонну руды	долл./тонна руды	3,21
на расчетный год	долл.	326000
Амортизационные отчисления на восстановление оборудования (10%):	долл./год	144804
	долл./тонна руды	1,45
Амортизационные отчисления на восстановление основных фондов (4,16%):	долл./год	76500
	долл./тонна руды	0,76
Себестоимость переработки руды:		
	долл./тонна руды	5,42
	долл./тонна меди	946
Удельная прибыль (рентабельность)	долл./тонна руды	4,52
Годовая прибыль предприятия	долл.	452000
Уровень рентабельности	%	83,4

Таблица. Предварительные технико-экономические показатели оценки отвалных техногенных медных руд.

но функционировать (с уровнем рентабельности 15 %) и при содержании 0,44 % меди в исходной руде. Нулевая рентабельность (бесприбыльное производство) разработки рассматриваемого месторождения будет при уровне содержания меди в рудах 0,39 %, т.е. этот уровень содержания меди в техногенных рудах является минимальным средним промышленным содержанием. Бортовые содержания полезного компонента устанавливаются эмпирически так, чтобы среднее содержание по группе рядом расположенных отвалов не опускалось ниже уровня минимального промышленного, а в целом по участку не ниже нормативно прибыльного (рентабельного). Данные показатели необходимы при формировании годовых программ горного предприятия.

В настоящее время экологическая оценка любого производственного процесса может быть абсолютной и относительной. Абсолютная оценка свидетельствует о том, что любой вид техногенной деятельности характеризуется наличием твердых, жидких и/или газообразных отходов, имеющих определенную экологическую токсичность или являющихся первопричиной сложных биогеохимических процессов, результатом которых могут быть нежелательные экологические последствия.

Относительной оценкой целесообразности организации того или иного производства является оценка на основании сопоставления параметров экологического воздействия данного производства с аналогичными параметрами родственных существующих производств.

Сравнительная оценка экологического воздействия традиционной и разработанной технологий показывает, что первая характеризуется существенными пылевыми (при дроблении медных руд ПДК по пыли превышает в 6,5 раз) и газовыми (в процессе обжига руды и концентратов выделяется плохо улавливаемый сернистый газ) загрязнителями, наличием токсичных отвальных пород и шлаков, подвергающихся выветриванию, технологических агрессивных растворов, представляющих концентрированные сернокислотные растворы. На расстоянии до 100 км от перерабатывающих меднорудных производств фиксируются кислые дождевые воды (рН=4,3–4,9); в воздухе отмечаются повышенные содержания пыли,  $SO_2$ , Cu.

Технология выщелачивания меди предполагает единственный путь вредного воздействия на окружающую среду – это утечка технологических растворов. Минимизация данного воздействия в разработанной схеме достигается: 1) герметизацией ложа при фильтрационном и емкостей при чановом выщелачивании; 2) отмывкой породы от реагентов; 3) оборотным использованием технологических растворов после выделения меди.

Необходимо отметить, что используемые реагенты не обладают повышенной токсичностью, а наоборот, используются в качестве удобрений (аммиачная вода, соли аммония). Кроме того, возможно смешение хвостов сернокислотного и аммиачного выщелачивания, т.е. кислотной и щелочной обработок, с целью полной нейтрализации реагентов, в результате которой образуется сульфат аммония – минеральное удобрение. Вредное экологическое воздействие имеющихся медьсодержащих отвальных пород на территорию связано с ее распашкой и токсическим действием меди на сельскохозяйственные культуры, что выражается в угнетении вегетационного развития растений вблизи отвалов штолен и шахт, обнаруживаемое визуально.

*Н.Н. Непримеров*

*Казанский государственный университет*

## **ПРИРОДА НЕ РЕКОМЕНДУЕТ ЭКСПЛУАТИРОВАТЬ РАЗВЕДОЧНЫЕ СКВАЖИНЫ ДО НАЧАЛА ПРОМЫШЛЕННОГО РАЗБУРИВАНИЯ**

На многих месторождениях и площадях имеет место практика пуска в эксплуатацию разведочных скважин задолго до промышленного освоения залежи, площади или месторождения. Добыча определенного количества нефти за счет упругого режима приводит к серьезным отрицательным последствиям, намного, а иногда и необратимо снижающим как запасы, так и фильтрационные параметры пласта коллектора. К ним можно отнести снижение пластового давления, из-за которого при последующем промышленном разбурировании при БКЗ получают заниженные значения пористости и начальной нефтенасыщенности, что приводит к фиктивному уменьшению начальных геологических запасов от 10 до 30 %. При организации заводнения воду будет принимать лишь часть реального пласта, что ведет к преждевременному обводнению эксплуатационных скважин и резкому снижению как безводного, так и конечного КИН. Как наглядный пример можно привести Калиновский участок Акташской площади, где при практически полном обводнении всех скважин при внутриконтурном заводнении конечный КИН = 0,2.

Поскольку почвы обладают определенной адсорбционной способностью, возможно постепенное накопление меди в возделываемых почвах и последующее заражение в результате распашки больших территорий. Следует отметить возможность избирательного накопления меди растениями, особенно многолетними травами. Особую опасность представляют легко растворимые минеральные формы меди, которые в процессе обработки выщелачивающими реагентами переходят полностью в продуктивный раствор.

Кроме того, необходимо учитывать, что разработанные геотехнологические параметры выщелачивания, например, извлечение – 84,7 %, оптимальны по технико-экономическим соображениям. Однако с точки зрения экологической оптимизации они могут быть намеренно увеличены, например, можно достичь 95 %-го извлечения меди. Результатом такой оптимизации может быть снижение токсичности отвальных пород почти на 2 порядка, так как нерастворимая часть меди характеризуется малой геохимической подвижностью. В таком случае речь идет о рекультивации земель, нарушенных старыми меднорудными разработками.

Таким образом, предварительная геолого-экономическая и экологическая оценка техногенных руд Вятско-Камской меденосной полосы уже на данном этапе исследований характеризует большие перспективы промышленного освоения техногенных руд на территориях Татарстана, Удмуртии, Оренбургской и Кировской областей.