

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Курдюмов В.Р.¹, Тимофеев К.Л.^{1,2}, Субботина И.Л.¹, Воинков Р.С.^{1,2}, Краюхин С.А.²

¹АО «Уралэлектромедь», г. Верхняя Пышма, Россия

² НЧОУ ВО «Технический университет УГМК», г. Верхняя Пышма, Россия

vasily.kurdyumov@gmail.com

Введение

Очистка сточных вод промышленных предприятий – безусловно, всегда актуальная задача, поскольку от ее успешного решения зависит не только состояние хрупких водных экосистем, но и продовольственная безопасность, а также здоровье населения. Однако, если в развитых странах проблема очистки стоков обстоит не так остро ввиду жесткого контроля со стороны государства, высокой степени экологической осознанности общества и собственников промышленных предприятий, то в развивающихся странах ее решению не уделяется должного внимания. Например, в России из 19 млрд. м³ сточных вод, ежегодно сбрасываемых в водоемы, очищенными в достаточной мере являются лишь около 2 млрд. м³. Это является следствием использования устаревших технологий, изношенного оборудования, а также дефицита квалифицированных кадров в области водоочистки.

АО «Уралэлектромедь» – один из лидеров по внедрению актуальных природоохранных и ресурсосберегающих технологий. Компетенции специалистов предприятия позволяют осуществлять разработку технологических решений в области водоочистки и оборотного водоснабжения для металлургических и горно-обогатительных активов

в структуре материнской компании – ОАО «УГМК». В данной работе описаны наиболее интересные проекты, разработанные инженерами АО «Уралэлектромедь» совместно с «Техническим университетом УГМК». Каждому из них предшествовали стадии лабораторных исследований, опытно-промышленных испытаний, подготовки технологического регламента и технико-экономического обоснования. Представленные решения разделены на 4 категории:

1. очистка шахтных и подотвальных вод;
2. очистка дренажных и ливневых вод;
3. очистка продувочных вод оборотных циклов;
4. переработка высокоминерализованных стоков.

Очистка шахтных и подотвальных вод

Шахтные и подотвальные воды горно-обогатительных предприятий, занимающихся добычей медных руд, зачастую характеризуются значительными содержаниями меди, поэтому их очистку целесообразно начинать с цементационного извлечения металла, что позволяет не только снизить содержание вредной для окружающей среды примеси, но и получить ценный медьсодержащий осадок, пригодный для пирометаллургической переработки.



Рисунок 1 – Технология цементационного извлечения меди из подотвальных вод, разработанная для АО «Святогор»

На одном из месторождений Северного медно-цинкового рудника АО «Святогор» (Североуральский ГО, Свердловская обл.) на этапе внедрения находится технология цементационного извлечения меди из подотвальных вод с использованием железной стружки, схематично представленная на рисунке 1. От других подобных технологий она отличается уникальной конструкцией барабанного цементатора: в отношении материала исполнения, конфигураций его проточной части и приводной системы. Разработанный аппарат характеризуется низкой стоимостью, прост в монтаже и обслуживании. Технология обеспечивает выход меди в цементный осадок до 93%, а среднее содержание меди в нем составляет 45%.

Альтернативой является проект, разработанный для АО «Урупский ГОК» (пос. Медногорский, Карачаево-Черкесия), занимающегося добычей медноколчеданных руд, позволяющий достичь более глубокого извлечения меди из подотвальных, шахтных вод предприятия и предполагающий использование доступного, дешевого материала-цементатора – железа прямого восстановления (ЖПВ). Принципиальная схема техно-

логии изображена на рисунке 2. Высокое извлечение и концентрирование меди обеспечивает 2-стадийная цементация в аппарате колонного типа и агитаторах: выход меди в осадок достигает 97%, а ее среднее содержание в последнем составляет 60%. Остаточная концентрация металла в воде перед нейтрализацией ниже в 5-10 раз по сравнению с вариантом на рисунке 1: <math><10 \text{ мг/дм}^3</math>.

Для АО «Сафьяновская медь» (г. Реж, Свердловская обл.), специализирующегося на добыче медноколчеданных руд, была разработана комплексная технология очистки кислых шахтных (карьерных) и подотвальных вод, основными загрязняющими веществами в которых являются медь, цинк, железо и алюминий. Указанные воды в количестве 490 тыс. м³/год перерабатываются по традиционной технологии нейтрализации известковым молоком, но для достижения значений ПДК_{РЫБ-ХОЗ} требуется большая глубина их очистки. Исходя из состава и особенностей исходной и нейтрализованной воды был выбран и обоснован оптимальный способ, основанный на сорбционном извлечении остаточных количеств металлов (преимущественно цветных) с использованием ионо-

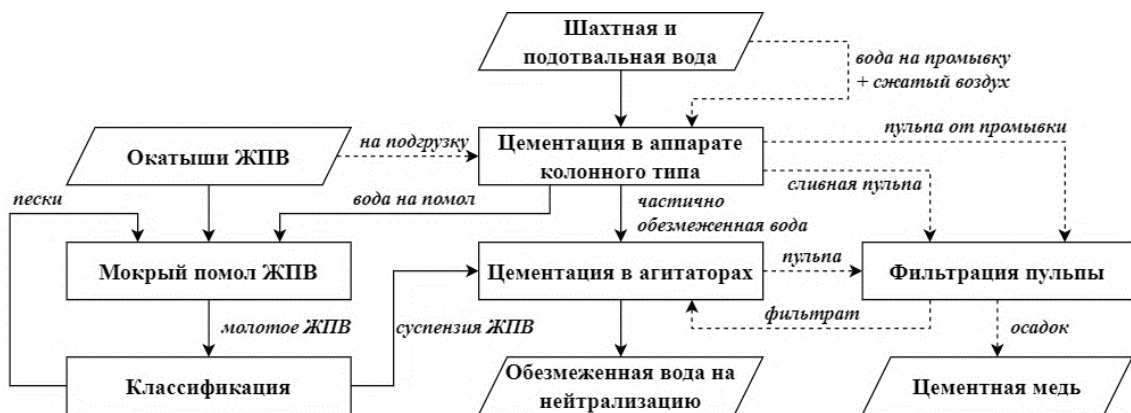


Рисунок 2 – Технология цементационного извлечения меди из шахтных и подотвальных вод, разработанная для АО «Урупский ГОК»

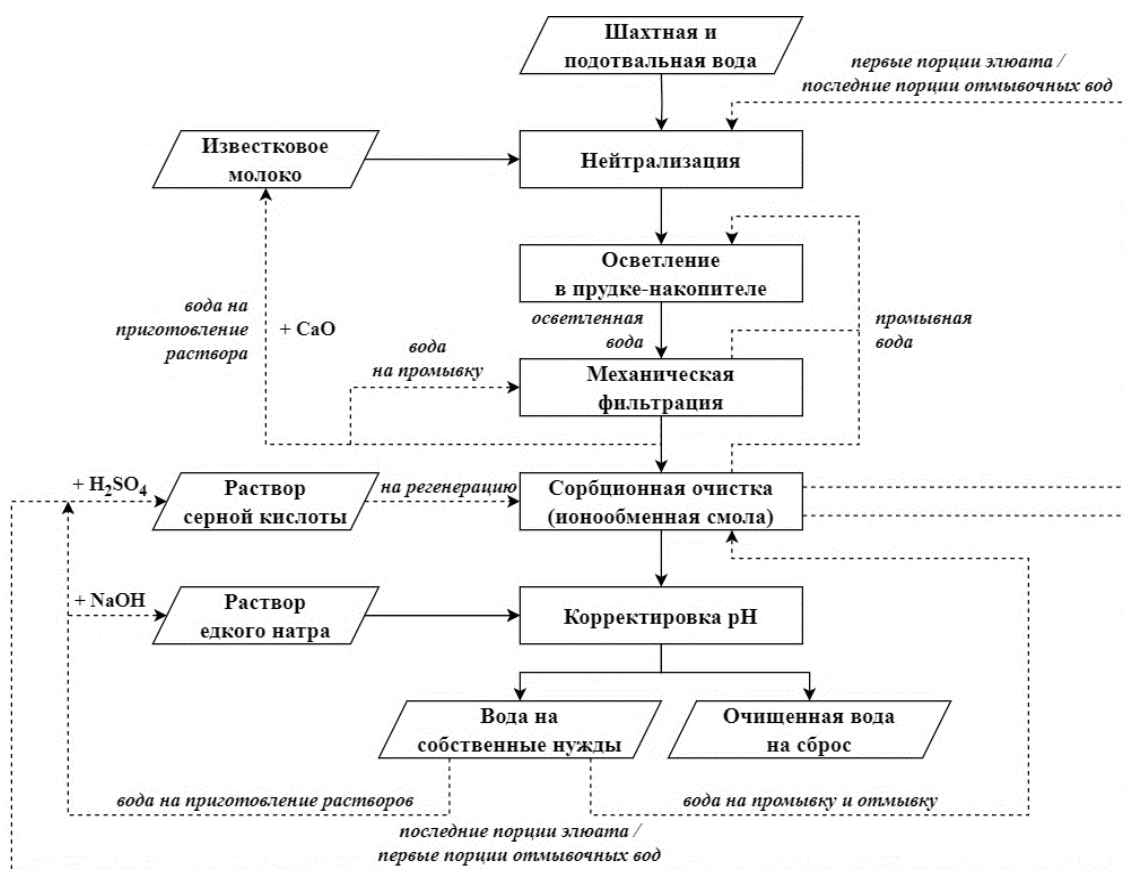


Рисунок 3 – Технология комплексной очистки шахтных и подотвальных вод, разработанная для АО «Сафьяновская медь»

бменной смолы с иминодиуксусными функциональными группами (Lewatit MonoPlus TP 207, Purolite S930 или подобных). В перспективе возможна реализация технологии цементационного

извлечения меди из подотвальных вод предприятия перед нейтрализацией по одной из представленных ранее схем.

Принципиальная схема технологии комплексной очистки шахтных и

подотвальных вод АО «Сафьяновская медь» представлена на рисунке 3. Заявленная технология позволяет достичь следующего качества очищенной воды: $\text{Cu} < 0,005 \text{ мг/дм}^3$, $\text{Zn} < 0,01 \text{ мг/дм}^3$, Fe и $\text{Al} < 0,05 \text{ мг/дм}^3$, $\text{Ca} \sim 400 \text{ мг/дм}^3$, $\text{Mg} \sim 100 \text{ мг/дм}^3$, $\text{pH} 6,5-8,5$.

Очистка дренажных и ливневых вод

Для филиала «Производство сплавов цветных металлов» («ПСЦМ») АО «Уралэлектромедь» (пос. Верх-Нейвинский, Свердловская обл.), специализирующегося на выпуске чистого свинца и его сплавов, были предложены решения по модернизации существующей технологии очистки дренажных и ливневых

вод до уровня нормативов допустимого сброса (НДС) с перспективой достижения значений ПДК_{РЫБ-ХОЗ}. Годовой объем их поступления – до 350 тыс. м³/год. Основными загрязняющими веществами в указанных видах вод являются железо, марганец, цинк, свинец и нефтепродукты, привносимые в результате инфильтрации вод через техногенный грунт и смыва производственной пыли с территории промышленной площадки. Их удаление предполагается осуществлять путем обработки воды перманганатом калия, с ее последующей фильтрацией через серию фильтров с песком, антрацитом и алюмосиликатным минеральным сорбентом (КФГМ-7 или подобным).

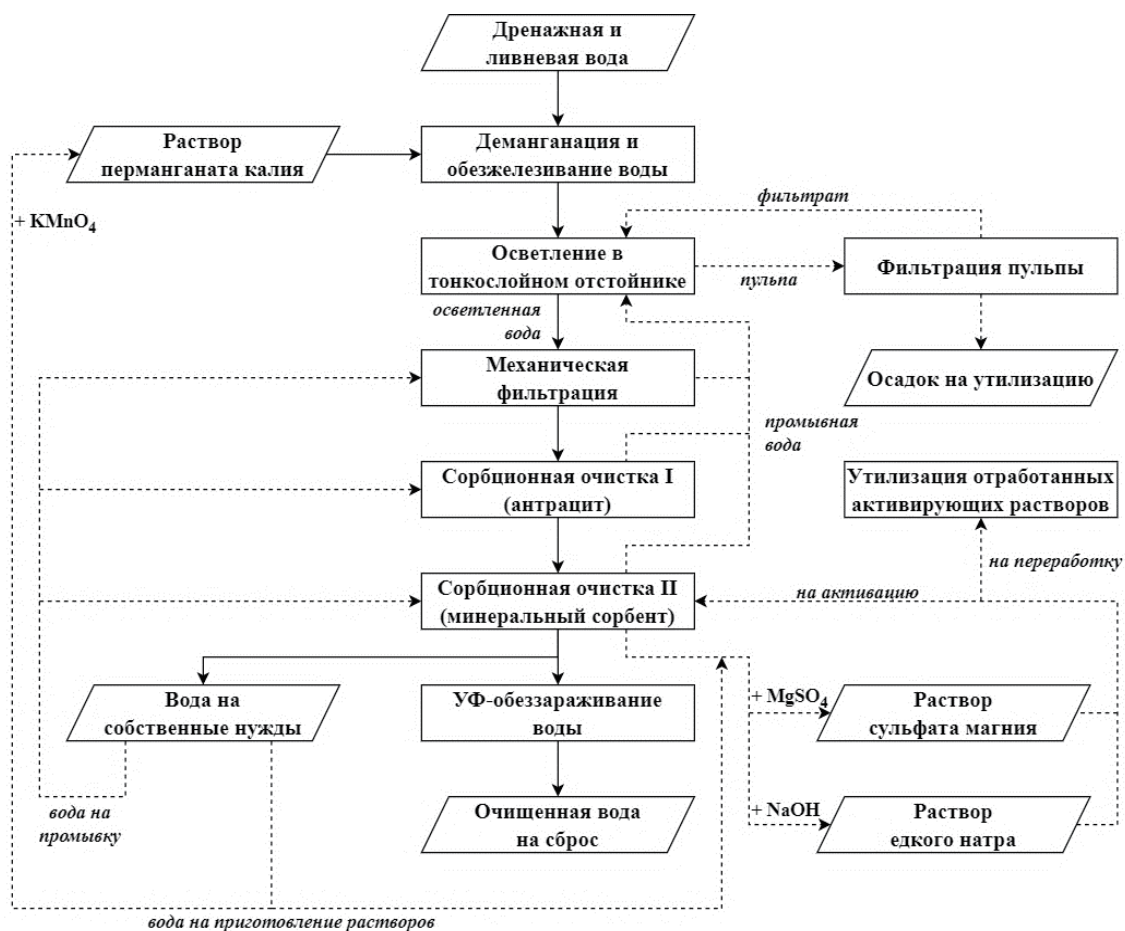


Рисунок 4 – Технология комплексной очистки дренажных и ливневых вод, разработанная для филиала «ПСЦМ» АО «Уралэлектромедь»

Принципиальная схема технологии комплексной очистки дренажно-ливневых вод филиала «ПСЦМ» АО «Уралэлектромедь» изображена на рисунке 4. Представленные решения позволяют достичь следующего качества очистки: Fe <0,1 мг/дм³, Mn <0,05 мг/дм³, Zn и Pb <0,005 мг/дм³, нефтепродукты <0,02 мг/дм³, pH 7,5-8,1.

Примером разработки технологических решений по очистке стоков с применением баромембранных методов служит проект комплексной переработ-

ки дренажных и ливневых вод филиала «Производство полиметаллов» («ППМ») АО «Уралэлектромедь» (г. Кировград, Свердловская обл.), выпускающего черновую медь. Годовой объем образования данных вод – до 220 тыс. м³/год. Их состав характеризуется достаточно высокими содержаниями меди, цинка, железа, мышьяка и солей. Помимо традиционных реагентных методов очистки технология включает в себя ультрафильтрацию и две ступени обратного осмоса, что, в конечном итоге, позволя-

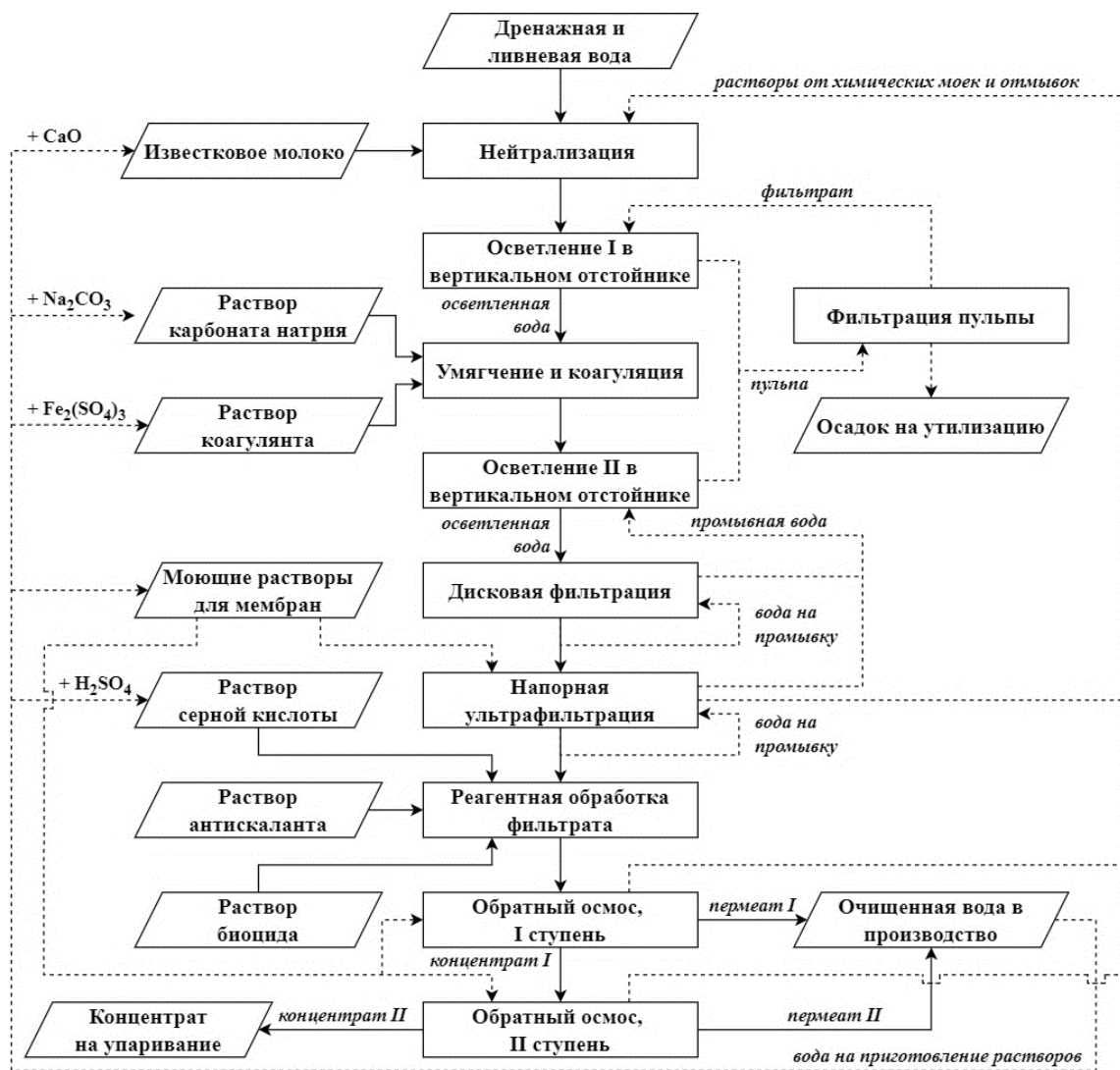


Рисунок 5 – Технология комплексной очистки дренажных и ливневых вод, разработанная для филиала «ППМ» АО «Уралэлектромедь»

ет получить практически обессоленную воду, пригодную для использования в производстве вместо технической (в частности, для химводоочистки).

очищенной воды: Cu и $\text{Zn} < 0,010 \text{ мг/дм}^3$, Fe и $\text{As} < 0,005 \text{ мг/дм}^3$, общая жесткость $< 0,2 \text{ }^\circ\text{Ж}$, солесодержание $20\text{-}50 \text{ мг/дм}^3$, $\text{pH} 6,0\text{-}7,0$.

Принципиальная схема технологии комплексной очистки дренажно-ливневых вод филиала «ППМ» АО «Уралэлектромедь» приведена на рисунке 5. Достижимы следующие показатели качества

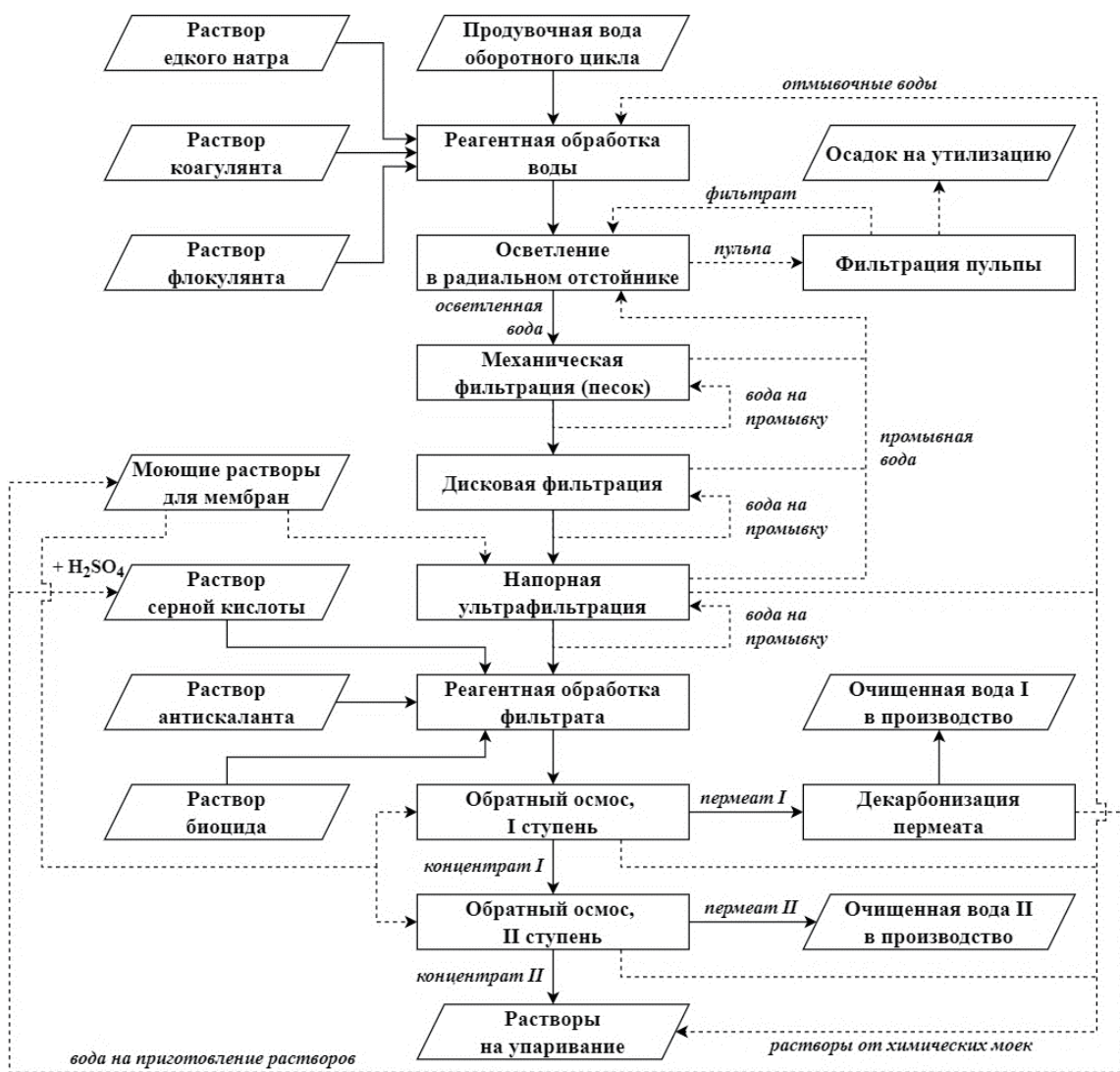


Рисунок 6 – Технология комплексной очистки продувочных вод оборотного цикла, разработанная для основной промплощадки АО «Уралэлектромедь»

Очистка продувочных вод оборотных циклов

Для филиала «Производство полимеров» предполагается также внедрение технологии очистки продувочных вод оборотных циклов совместно с некоторыми видами соленоватых стоков общим объемом до 200 тыс. м³/год. В целом схема переработки данных сточных вод подобна представленной на рисунке 5, однако, поскольку содержание ионов тяжелых металлов, железа и мышьяка, а также уровень жесткости в них меньше по сравнению с дренажными и ливневыми водами, то их реагентную обработку целесообразно осуществлять иным образом: в первую очередь – умягчение раствором карбоната натрия, далее – введение растворов щелочи и коагулянта. Качество очищенной воды также позволяет использовать ее на производстве (в частности, для химводоочистки): Cu и Zn <0,005 мг/дм³, Fe и As <0,005 мг/дм³, общая жесткость <0,1 °Ж, содержание 10-40 мг/дм³, рН 6,0-7,0. Это в совокупности с внедрением технологии очистки дренажно-ливневых вод позволит не только осуществить переход предприятия на бессточный режим работы, но и существенно сократить потребление подпиточной воды.

На основной промышленной площадке АО «Уралэлектромедь» (г. Верхняя Пышма, Свердловская обл.), специализирующейся на пиро- и электрометаллургическом рафинировании меди, производстве готовой продукции из нее, осуществлена модернизация технологии очистки продувочных вод грязного оборотного цикла предприятия совместно с малозагрязненными сточными водами общим объемом около 110 тыс. м³/год. Основными вредными примесями в них являются медь, никель, цинк, железо,

мышьяк и нефтепродукты. Достижение высокой эффективности очистки также обеспечивается использованием баромембранных методов, которые в последнее время все чаще находят применение на металлургических предприятиях. Это обусловлено, с одной стороны, постепенным ужесточением нормативов допустимого сброса загрязняющих веществ (в особенности, цветных металлов) в водоемы, а с другой – потребностью в более глубокой очистке воды (в особенности в снижении значений общей жесткости и содержания) перед использованием в существующих производственных процессах при бессточном режиме работы.

Принципиальная схема модернизированной технологии комплексной очистки продувочных вод АО «Уралэлектромедь» приведена на рисунке 6. Ее особенностью является то, что пермеат с первой ступени обратного осмоса направляется на получение деионизованной воды, а со второй – на получение химочищенной. Фактические средние показатели качества пермеата с первой ступени: Cu 0,010 мг/дм³, Zn 0,015 мг/дм³, Ni и As <0,005 мг/дм³, Fe <0,01 мг/дм³, общая жесткость 0,15 °Ж, содержание 8 мг/дм³, рН 6,8. Аналогичные показатели качества пермеата второй ступени: Cu 0,010 мг/дм³, Zn 0,020 мг/дм³, Ni и As <0,005 мг/дм³, Fe <0,01 мг/дм³, общая жесткость 0,15 °Ж, содержание 23 мг/дм³, рН 7,0.

Переработка высокоминерализованных сточных вод

Применение баромембранных и ионообменных технологий очистки сточных вод, как наиболее эффективных, приводит к получению дополнительных

растворов с высоким содержанием, которые также требуют переработки. Однако, если элюаты зачастую можно направить в начало технологической схемы очистки стоков, где происходит их нейтрализация и разбавление, то концентраты обратного осмоса практически безальтернативно подлежат упариванию с выводом солей в виде твердого отхода.

Поскольку для перехода филиала «ППМ» АО «Уралэлектромедь» на бессточный режим работы предполагается внедрение баромембранных технологий,

то в дополнение к проектам по очистке дренажно-ливневых и продувочных вод оборотных циклов была разработана технология утилизации концентратов с установок обратного осмоса путем упаривания последних, рассчитанная на годовой объем их поступления 22 тыс. м³/год. Оптимальное решение, в т.ч. с точки зрения экономии пара, – 3-корпусная выпарная установка: первые два корпуса – с падающей пленкой раствора, третий – с принудительной циркуляцией.

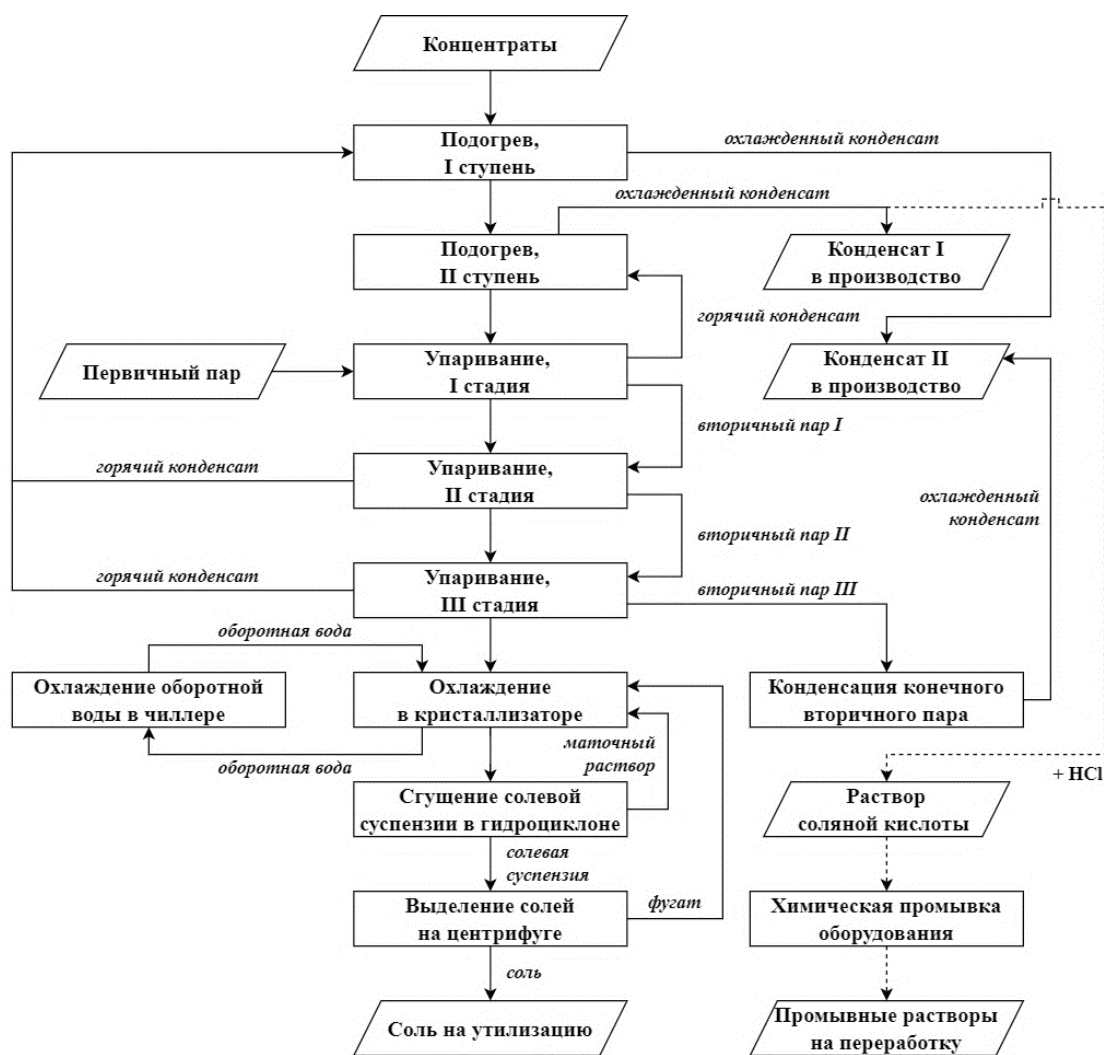


Рисунок 7 – Технология упаривания концентратов обратного осмоса, разработанная для филиала «ППМ» АО «Уралэлектромедь»

Принципиальная схема технологии упаривания концентратов с установок обратного осмоса филиала «ППМ» изображена на рисунке 7. Охлажденные конденсаты первичного пара с содержанием $<2 \text{ мг/дм}^3$ планируется направить в котельную на генерацию пара, а охлажденные конденсаты вторичного пара с содержанием $<10 \text{ мг/дм}^3$ – на получение химочищенной воды. Соли подлежат утилизации в качестве отхода IV класса опасности.

При увеличении объемов выпуска готовой продукции, диверсификации производства многие промышленные предприятия, располагающие выпар-

ным оборудованием для утилизации технологических растворов, сталкиваются с дефицитом выпарных мощностей. Их расширение может потребовать значительных капитальных вложений, поэтому одним из вариантов решения проблемы представляется снижение объема поступающих растворов за счет их предварительного концентрирования с применением обратного осмоса.

Подобное решение в настоящее время внедряется на основной промплощадке АО «Уралэлектромедь» для слабощелочных растворов, образующихся в технологии производства сульфата никеля в количестве около 27 тыс. $\text{м}^3/\text{год}$.

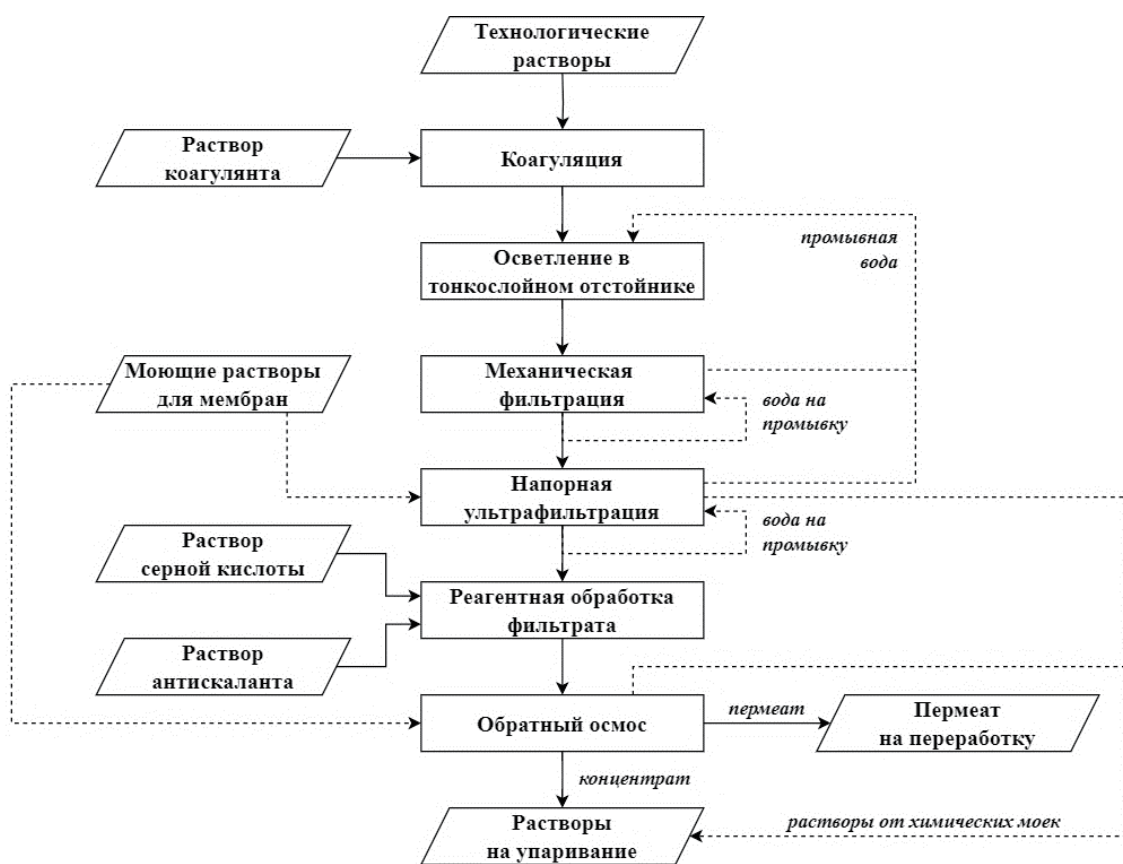


Рисунок 8 – Технология концентрирования растворов перед упариванием, разработанная для основной промплощадки АО «Уралэлектромедь»



Рисунок 9 – Технология рециклинга элюатов от регенерации Na-катионитовых фильтров, разработанная для филиала «ППМ» АО «Уралэлектромедь»

Принципиальная схема технологии их концентрирования представлена на рисунке 8. Реализация проекта позволит снизить нагрузку на существующую выпарную установку на 25-30%, что не только решит проблему дефицита ее мощности, но и создаст предпосылки для переработки дополнительных объемов технологических растворов при расширении производства на предприятии. Образующийся в технологии пермеат характеризуется наличием растворенных солей в количестве до 250 мг/дм³, поэтому его предполагается направлять на стадию обратного осмоса в технологии переработки продувочных вод грязного оборотного цикла (рисунок 6).

Для предприятий, не располагающих выпарными мощностями, но производящих и потребляющих в больших количествах химочищенную (умягченную) воду, актуален вопрос утилизации элюа-

тов, образующихся после регенерации Na-катионитовых фильтров и характеризующихся высоким содержанием хлора. Даже с учетом их многократного разбавления и совместной очистки с другими стоками достичь уровня ПД-К_{РЫБ-ХОЗ} по ионам хлора в очищенной воде, особенно при залповом сбросе элюатов, не представляется возможным. Кроме этого, на осаждение из них кальция и магния расходуются известковое молоко или щелочь, карбонат натрия, используемые в процессе очистки сточных вод.

Наиболее рациональный способ переработки элюатов – реагентное умягчение с последующей нейтрализацией, что позволяет вновь получить раствор хлорида натрия, который можно повторно использовать для регенерации. На рисунке 9 представлена схема рециклинга таких элюатов, внедренная

в филиале «ППМ» АО «Уралэлектромедь». Благодаря ей был исключен сброс 1100 м³/год высокоминерализованных стоков и сведено к минимуму потребление поваренной соли. Кроме этого, в условиях «ППМ» технология является безотходной, поскольку образующийся осадок, состоящий преимущественно из карбоната кальция, используется в качестве флюсующей добавки при производстве черновой меди.

Заключение

Представленные в работе технологические решения, разработанные специалистами исследовательского центра АО «Уралэлектромедь» и НЧОУ ВО «Технический университет УГМК», охватывают вопросы очистки около 1,9 млн. м³/год сточных вод, образу-

ющихся на ряде предприятий ОАО «УГМК». Данные проекты позволяют для одних активов (горно-обогатительных) исключить или минимизировать нанесение ущерба окружающей среде, для других (металлургических) – реализовать концепцию нулевого жидкого сброса (ZLD – zero liquid discharge) и перейти к бессточному режиму работы. В совокупности это обеспечивает условия для устойчивого развития ОАО «УГМК» в контексте складывающихся в России и мире экологических, социальных и экономических тенденций.

ADVANCED DEVELOPMENTS IN WASTEWATER TREATMENT FOR MINING AND METALLURGICAL ENTERPRISES

Kurdiumov V.R.¹, Timofeev K.L.^{1,2}, Subbotina I.L.¹, Voinkov R.S.^{1,2}, Krayukhin S.A.²

¹ JSC «Uralektromed», Verkhnyaya Pyshma, Russia

² UMMC Technical University, Verkhnyaya Pyshma, Russia

vasily.kurdyumov@gmail.com

Introduction

Industrial wastewater treatment is definitely a crucial problem and not only the state of fragile aquatic ecosystems, but also food security and public health depend on its successful solution. In developed countries, the problem of wastewater treatment is not so acute due to strict laws and a high degree of environmental awareness of society and owners of industrial enterprises. However, the developing countries do not pay due attention to this issue. For example, Russia annually discharges 19 billion m³ of wastewater into water bodies, of which only 2 billion m³ is sufficiently treated. This is a consequence of the use of outdated technologies and worn-out equipment, as well as the lack of qualified water treatment specialists.

JSC «Uralektromed» is one of the leading companies in the implementation of up-to-date environmental and resource saving technologies. The experience of the company's specialists allows developing technological solutions for water treatment and recycling water supply for mining and metallurgical enterprises within the structure of the parent company JSC «UMMC» (Ural Mining and Metallurgical Company). The present paper describes the most interesting projects developed by the engineers of JSC «Uralektromed» in cooperation with the «UMMC Technical University». Each of the projects was preceded by the stages of laboratory research, pilot testing, development of

technical regulations, and preparation of feasibility studies. The presented solutions fall into four categories: 1) treatment of mine and underspoil waters; 2) treatment of drainage and storm waters; 3) treatment of blowdown water of circulating water supply system; 4) treatment of highly saline wastewater.

Treatment of mine and underspoil waters

Mine and underspoil waters of the enterprises engaged in the extraction of copper ores are often characterized by significant copper content. Therefore, it is advisable to start their treatment with the extraction of the metal by cementation, which allows to reduce the volume of environmentally harmful impurity and obtain valuable copper-containing precipitate.

At one of the deposits of the Northern Copper-Zinc Mine of JSC «Svyatogor» (Severouralsk, Sverdlovsk Region) the technology of copper extraction from underspoil water by cementation using iron shavings is being implemented. Figure 1 shows the process flowchart. The unique design of the drum-type cementation apparatus distinguishes this technology from similar ones, with regard to its setting, manufacturing material, and drive system. This apparatus features low cost, simple installation, and maintenance. The technology guarantees the yield of copper in cement precipitate up to 93%, and an average copper content of 45%.

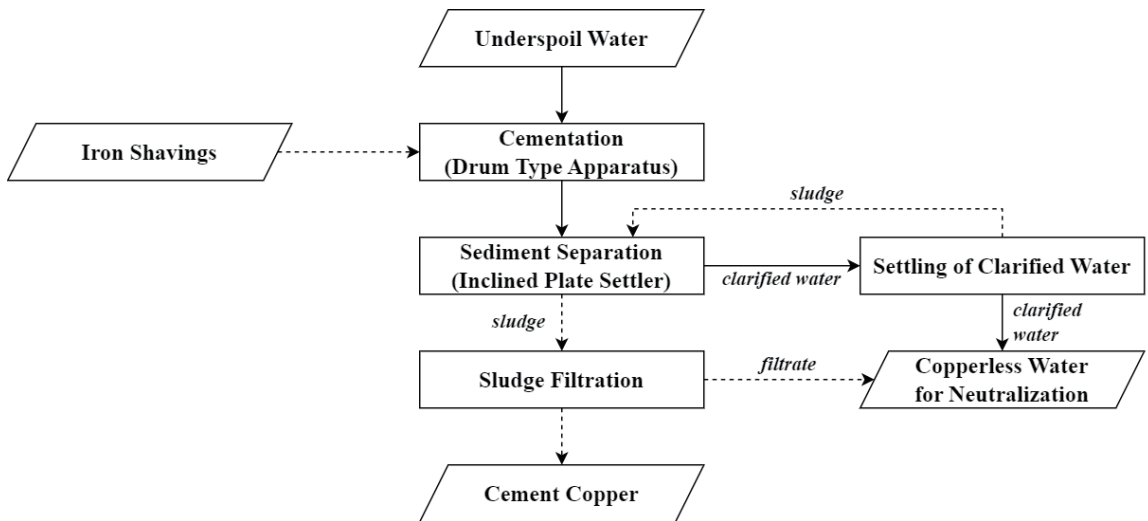


Figure 1 – Technology of copper extraction from underspoil water by cementation using iron shavings, developed for JSC “Svyatogor”

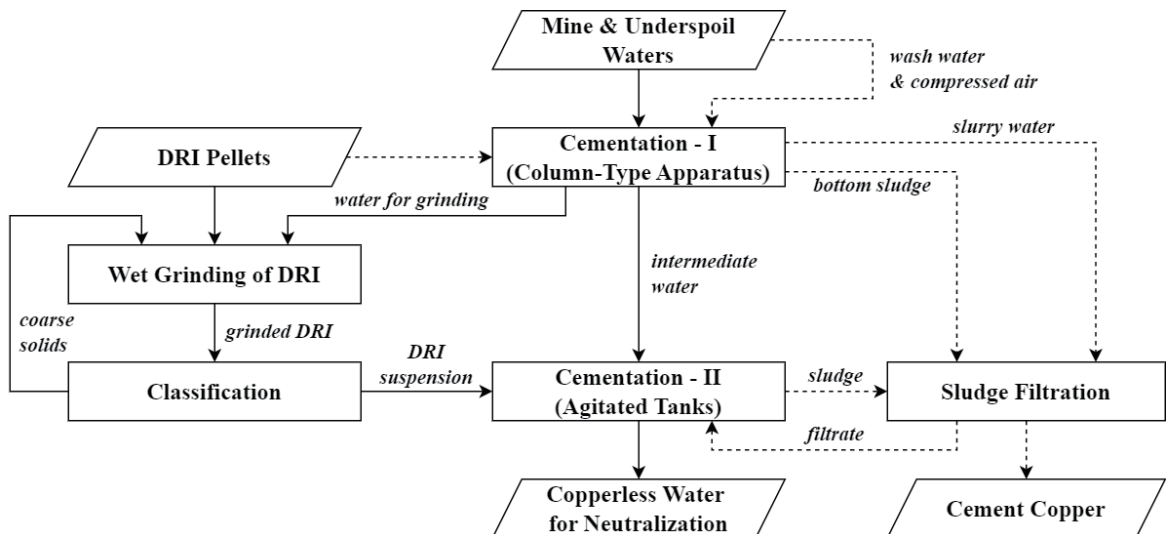


Figure 2 – Technology of copper extraction from mine and underspoil waters by cementation using direct reduced iron, developed for JSC “Urupsky GOK”

An alternative project was developed for JSC «Urupsky GOK» (Mednogorsky, Karachay-Cherkess Republic), which is engaged in the extraction of copper-pyrite ores. It allows to achieve a deeper recovery of copper from mine and underspoil waters using available and cheap cementing material – direct reduced iron (DRI). The flowchart of a process is shown in Figure 2. Two-stage cementation in a column-type

apparatus and agitated tanks ensures the yield of copper in the precipitate up to 97% with its average content in the latter about 60%. The residual metal concentration in the treated water before neutralization is from 5 to 10 times lower compared to the previous technology (shown in Figure 1): <math><10 \text{ mg/dm}^3</math>.

For JSC «Safyanovskaya Med» (Rezh, Sverdlovsk Region), which specializes on

copper-sulfide ore mining, a technology was developed for complex treatment of acid mine (quarry) and underspoil waters, contaminated with copper, zinc, iron, and aluminum. These waters with a volume of 490,000 m³/yr are treated according to the conventional technology of neutralization with limewater. However, in order to achieve the value of Maximum Permissible Concentrations (MPC) in fishery waters, better treatment is required. Based on the composition and characteristics of the source and neutralized waters, an optimal solution was chosen and justified, which includes sorption of metal residuals (mainly non-ferrous) using ion-exchange resins with iminodiacetic functional groups

(Lewatit MonoPlus TP 207, Purolite S930, or similar). In the future, it is also possible to implement the technology of extracting copper from mine and underspoil waters by cementation prior to their neutralization according to one of the previously presented schemes.

The technology of integrated treatment of mine and underspoil waters, developed for JSC “Safyanovskaya Med”, is shown in Figure 3. The applied scheme ensures the following quality of purified water: Cu <0,005 mg/dm³, Zn <0.01 mg/dm³, Fe and Al <0,05 mg/dm³, Ca ~400 mg/dm³, Mg ~100 mg/dm³, pH 6.5-8.5.

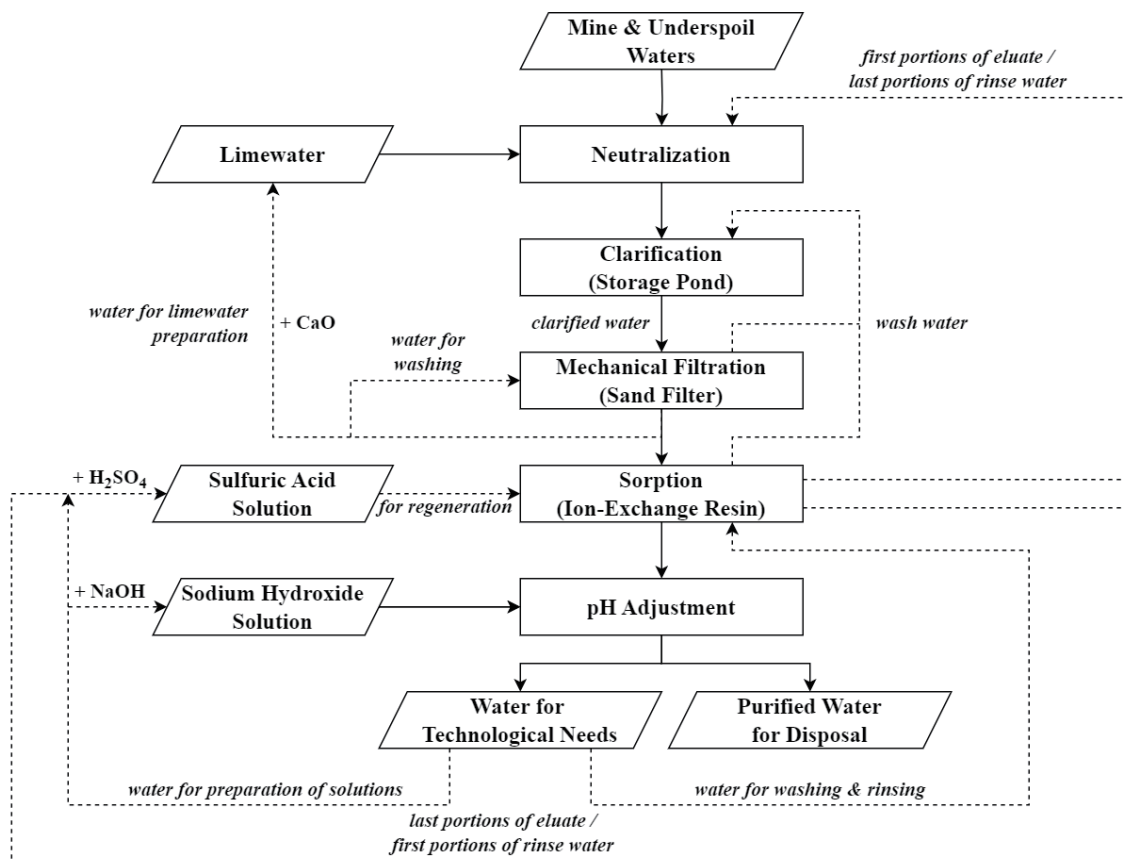


Figure 3 – Technology of integrated treatment of mine and underspoil waters, developed for JSC “Safyanovskaya Med”

Treatment of drainage and storm waters

For «Non-ferrous Alloys Production» branch of JSC «Uralektromed» (Verkh-Neivinsky, Sverdlovsk Region), which produces pure lead and its alloys, solutions were suggested for upgrading the existing technology of drainage and storm waters treatment to the level of Maximum Allowable Discharge Limits with the possible achievement of MPC in fishery waters. The main contaminants in this wastewater with an annual discharge of 350,000 m³/yr are iron, manganese, zinc, lead and oil products entrained due to surface water infiltration through anthropogenic soil and washing away of industrial dust from the production

site. It is suggested to remove the above impurities by oxidation with potassium permanganate, followed by filtration through a series of filters with sand, anthracite and aluminosilicate adsorbent (KFGM-7 or similar).

The technology of integrated treatment of drainage and storm waters proposed for «Non-ferrous Alloys Production» branch of JSC «Uralektromed» is given in Figure 4. According to the suggested solutions, the following quality of purified water can be achieved: Fe <0.1 mg/dm³, Mn <0,05 mg/dm³, Zn and Pb <0,005 mg/dm³, total organic carbon (TOC) <0,02 mg/dm³, pH 7,5-8,1.

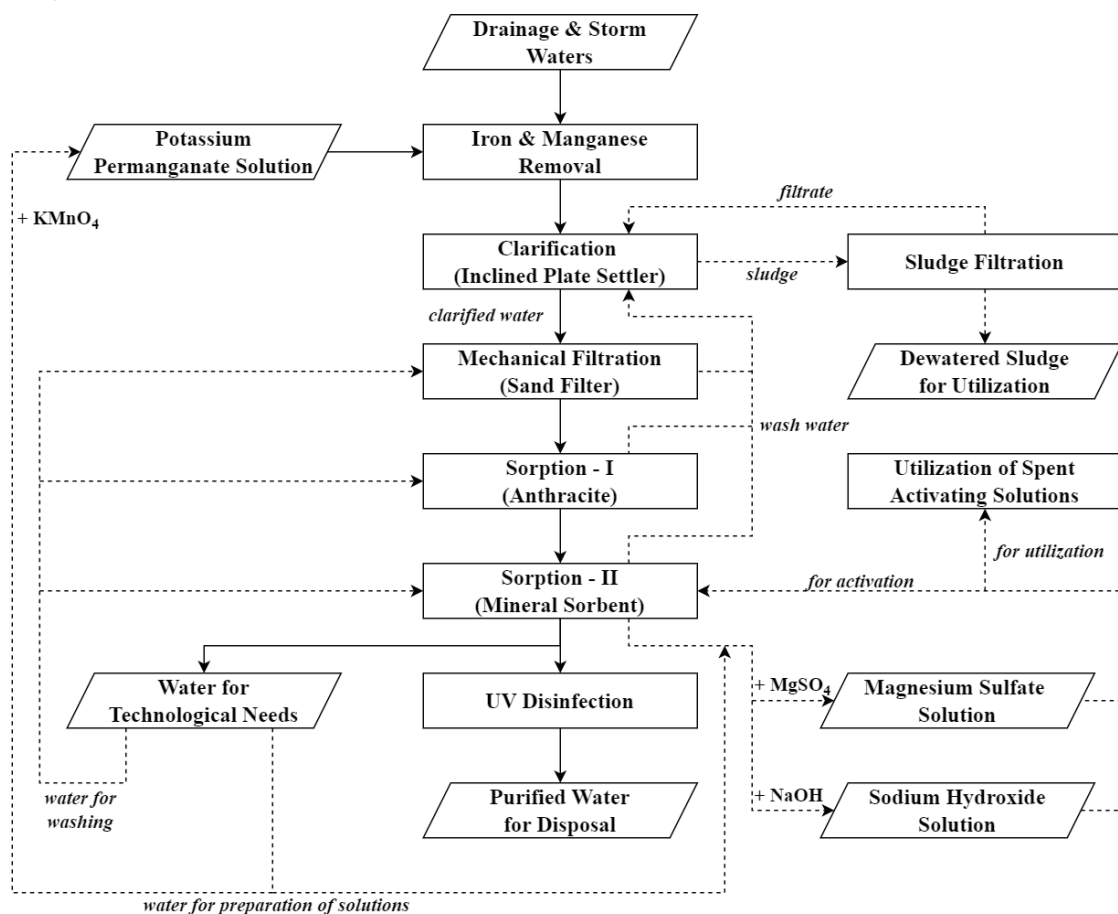


Figure 4 – Technology of integrated treatment of drainage and storm waters, developed for “Non-Ferrous Alloys Production” branch of JSC “Uralektromed”

An illustrative example of the designing of technological solutions for wastewater treatment using baromembrane methods is the project of combined purification of drainage and storm waters in «Polymetals Production» branch of JSC «Uralektromed» (Kirovgrad, Sverdlovsk Region), producing blister copper. Annual generation volume of mentioned wastewater stands at up to 220,000 m³/yr. It shows a sufficiently high content of copper, zinc, iron, arsenic, and solids. In addition to conventional chemical treatment methods,

the technology includes ultrafiltration and a two-stage reverse osmosis, which results in obtaining almost demineralized water suitable for industrial use (e.g., chemical water treatment), and a decrease in the consumption of fresh water.

The process flowchart for the combined treatment of drainage and storm waters, developed for «Polymetals Production» branch of JSC «Uralektromed» is given in Figure 5. The following quality of purified water can be reached: Cu and Zn <0,010 mg/dm³, Fe and As <0,005 mg/dm³, total

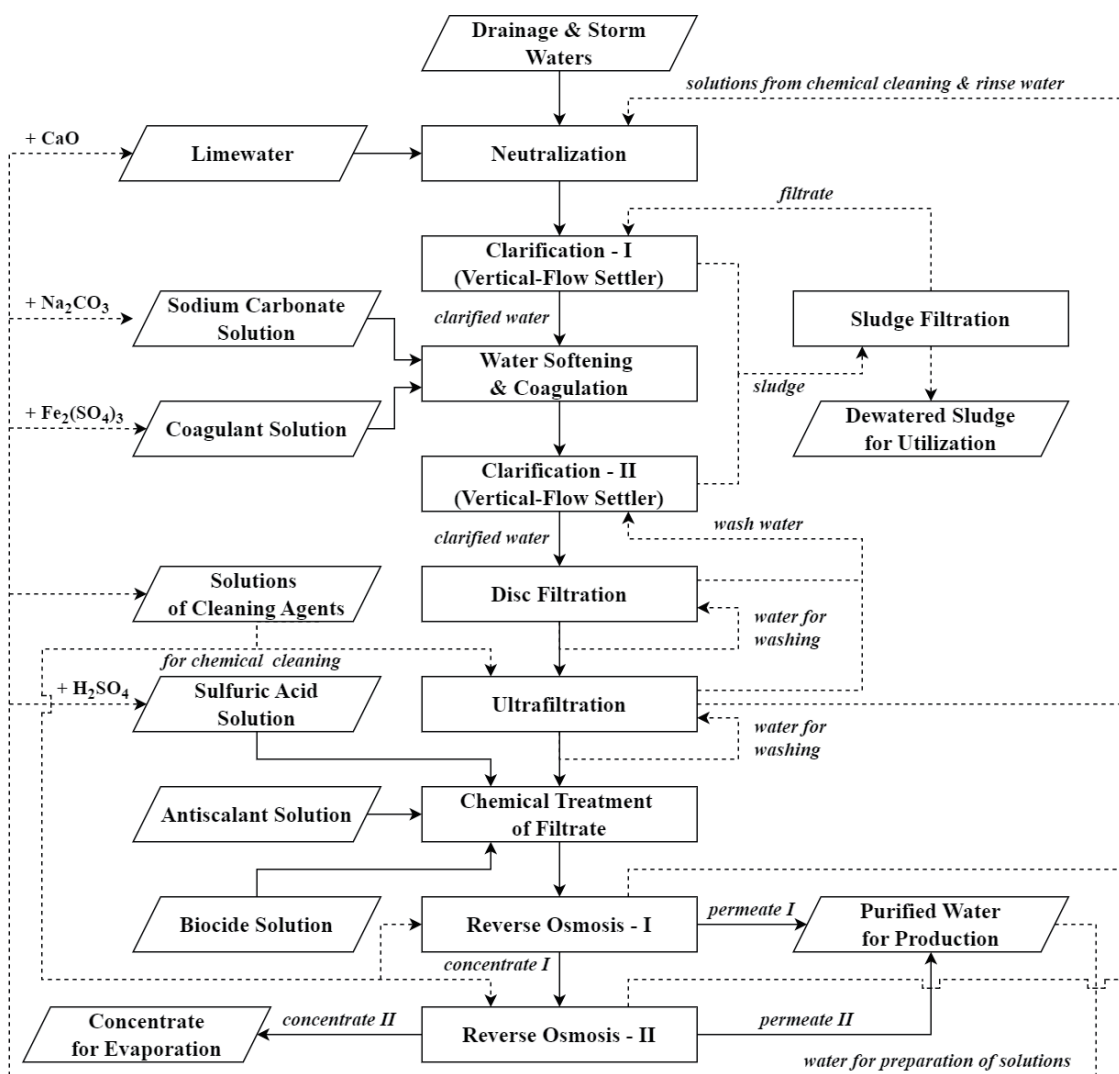


Figure 5 – Technology of integrated treatment of drainage and storm waters, developed for “Polymetals Production” branch of JSC “Uralektromed”

hardness $<0.2 \text{ mEq/dm}^3$, total solids content (TSC) $20\text{-}50 \text{ mg/dm}^3$, pH $6.0\text{-}7.0$.

Treatment of blowdown water

«Polymetals Production» also intends to introduce the process for treating blowdown water from circulating water supply system and some brackish process waters with an annual volume of up to $200,000 \text{ m}^3/\text{yr}$. By and large, wastewater treatment flowchart is similar to that given in Figure 5. However, since the content of heavy metal ions, iron and arsenic, and hardness level are lower

than in drainage and storm waters, it is reasonable to carry out chemical treatment in the following order: 1) softening with sodium carbonate solution; 2) injection of alkali and coagulant solutions. The quality of purified water is suitable for industrial use (including chemical water treatment): Cu and Zn $<0,005 \text{ mg/dm}^3$, Fe and As $<0,005 \text{ mg/dm}^3$, total hardness $<0.1 \text{ mEq/dm}^3$, total solids content (TSC) $10\text{-}40 \text{ mg/dm}^3$, pH $6,0\text{-}7,0$. The abovementioned process together with the technology of drainage and storm waters treatment will enable

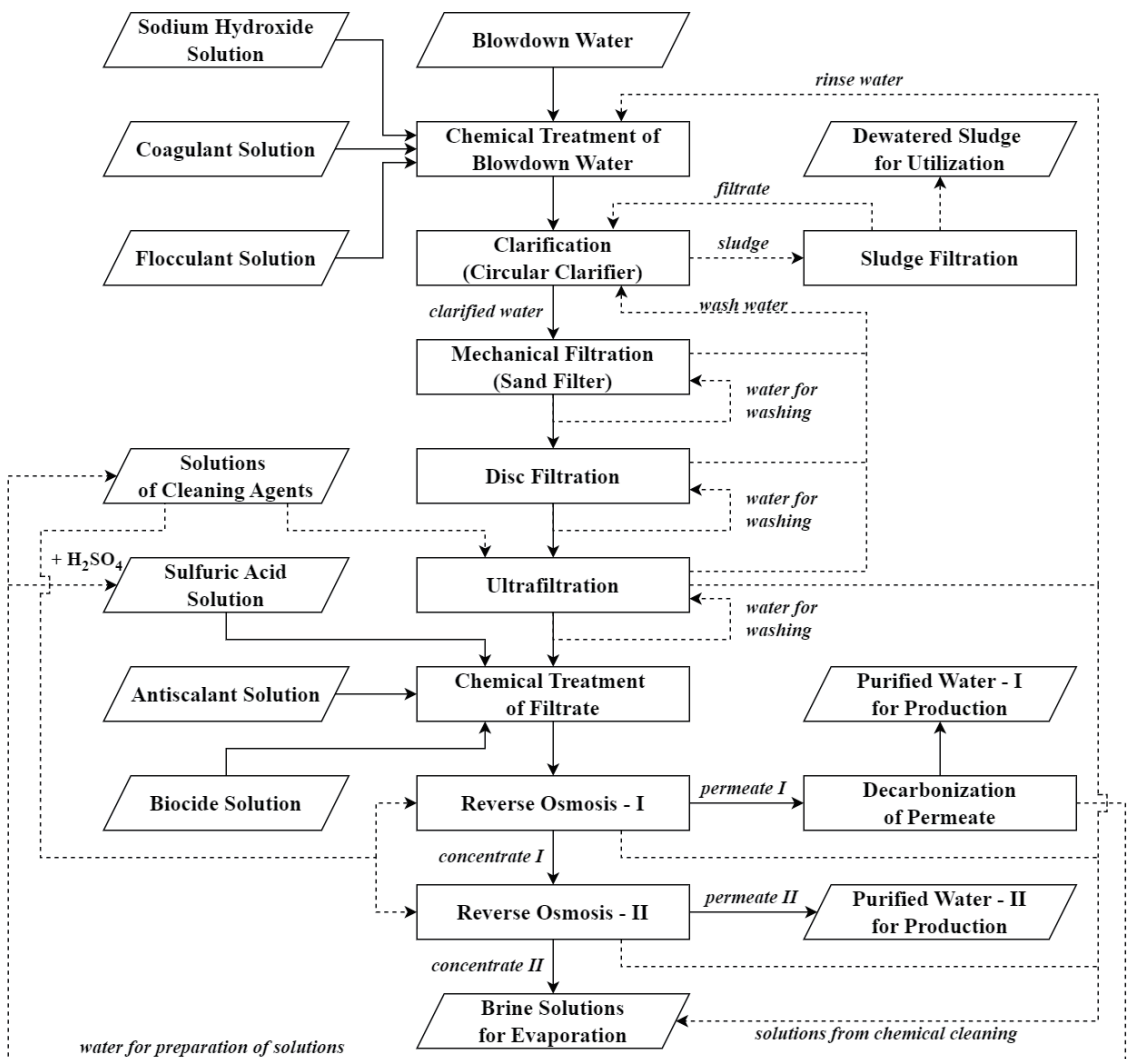


Figure 6 – Technology of integrated treatment of blowdown water from circulating water supply system at the main production site of JSC “Uralektromed”

not only switching to a closed-loop water circulation mode, but also significantly reducing the consumption of fresh water.

The main industrial site of JSC «Uralektromed» (Verkhnyaya Pyshma, Sverdlovsk Re-gion), which focuses on pyro- and electrometallurgical copper refining and production of finished copper products, has upgraded its technology for combined treatment of blowdown water from circulating water supply system together with low-polluted wastewater with a total annual volume of 110,000 m³/yr. These waters contain significant amounts of dissolved copper, nickel, zinc, iron, arsenic, and TOC. High treatment efficiency is also achieved through the use of baromembrane methods, which have recently been applied in metallurgical enterprises. This is due, on the one hand, to the gradual tightening of standards for the permissible discharge of pollutants (especially in terms of non-ferrous metals) into water bodies and, on the other hand, to the need for a better water treatment (especially in terms of lowering the total hardness and total solids content) before using it in existing production processes when operating in zero liquid discharge (ZLD) mode.

The process flow diagram of the upgraded technology of integrated treatment of blow-down and low-polluted waters at JSC «Uralektromed» is shown in Figure 6. According to it, the permeate collected at the first stage of reverse osmosis (RO) is used to produce deionized water, and the one collected at the second stage of RO becomes a feed for production of chemically treated (or softened) water.

The actual average quality indices of permeate from the first stage of RO are as follows: Cu 0,010 mg/dm³, Zn 0,015 mg/dm³, Ni and As <0,005 mg/dm³, Fe <0,01 mg/dm³, total hardness

0,15 mEq/dm³, total solids content (TSC) 8 mg/dm³, pH 6,8. Similar quality parameters of permeate from the second stage of RO: Cu 0,010 mg/dm³, Zn 0.020 mg/dm³, Ni and As <0.005 mg/dm³, Fe <0,01 mg/dm³, total hardness 0,15 mEq/dm³, TSC 23 mg/dm³, pH 7,0.

Treatment of highly saline wastewater

Application of baromembrane and ion-exchange methods for wastewater treatment, as the most effective, leads to formation of additional solutions with high content of dissolved salts which also require treatment. However, while the eluates can often be sent to the beginning of wastewater treatment process, where they are neutralized and diluted, the reverse osmosis concentrates almost without exception have to be evaporated with the removal of salts in the form of solid waste.

Since baromembrane technologies are expected to be introduced for the transition of the «Polymetals Production» to a ZLD mode of operation, in addition to projects for the treatment of drainage, storm, and blowdown waters, a technology for disposal of RO-concentrates by evaporation, designed for their annual income of 22,000 m³/yr, was developed. The most efficient steam-saving solution is a three-stage evaporation system, in which the first two evaporators are of falling-film type, the third one – of forced circulation type.

The proposed scheme for the utilization of RO-concentrate and several other brine solutions at «Polymetals Production» is shown in Figure 7. Cooled primary condensates with salinity <2 mg/dm³ are planned to be supplied to the boiler house for steam generation, while chilled secondary condensates with salinity <10 mg/dm³ can be used in the process of

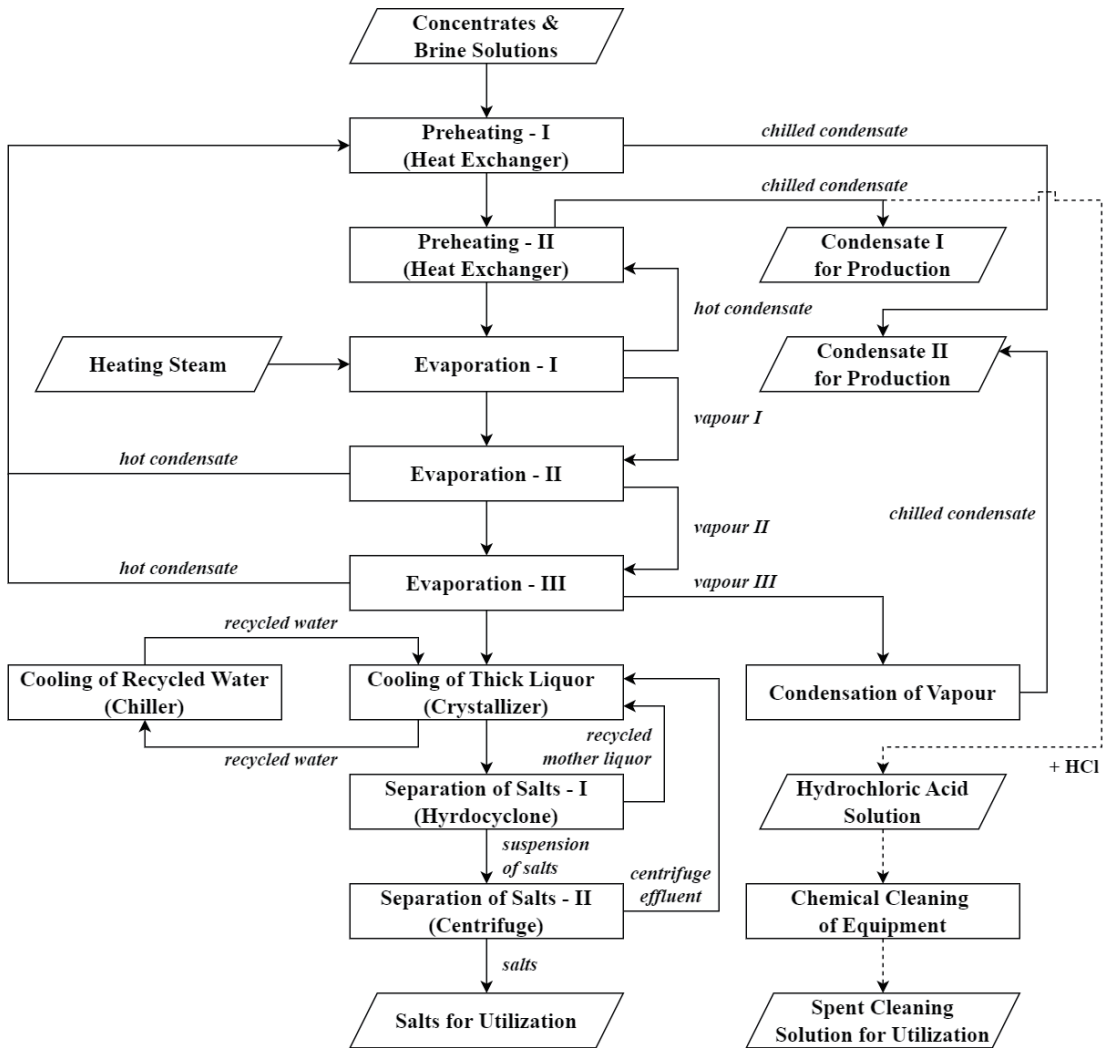


Figure 7 – Technology of utilization of reverse osmosis concentrates and brine solutions, developed for “Polymetals Production” branch of JSC “Uralektromed”

obtaining chemically treated (or softened) water. The salts are to be disposed as low hazardous substances.

With an increase in output of finished goods and diversification of production, many industrial enterprises using evaporation systems for disposal of process solutions, face a shortage of evaporation capacities. Their expansion may require considerable capital investments, therefore one of the options for solving the problem is to reduce the volume of incoming solutions by preliminary concentration using reverse osmosis.

A similar process is currently being implemented at the main site of JSC «Uralektromed» for saline and slightly alkaline solutions, formed in the amount of 27,000 m³/yr as a result of nickel sulfate production. A schematic diagram of the technology for their preliminary concentration is shown in Figure 8. This project will reduce the load on existing evaporators by 25-30% that will not only solve the problem of their capacity shortage, but will also create favorable conditions for the processing of additional solutions in case of expansion of production at the enterprise.

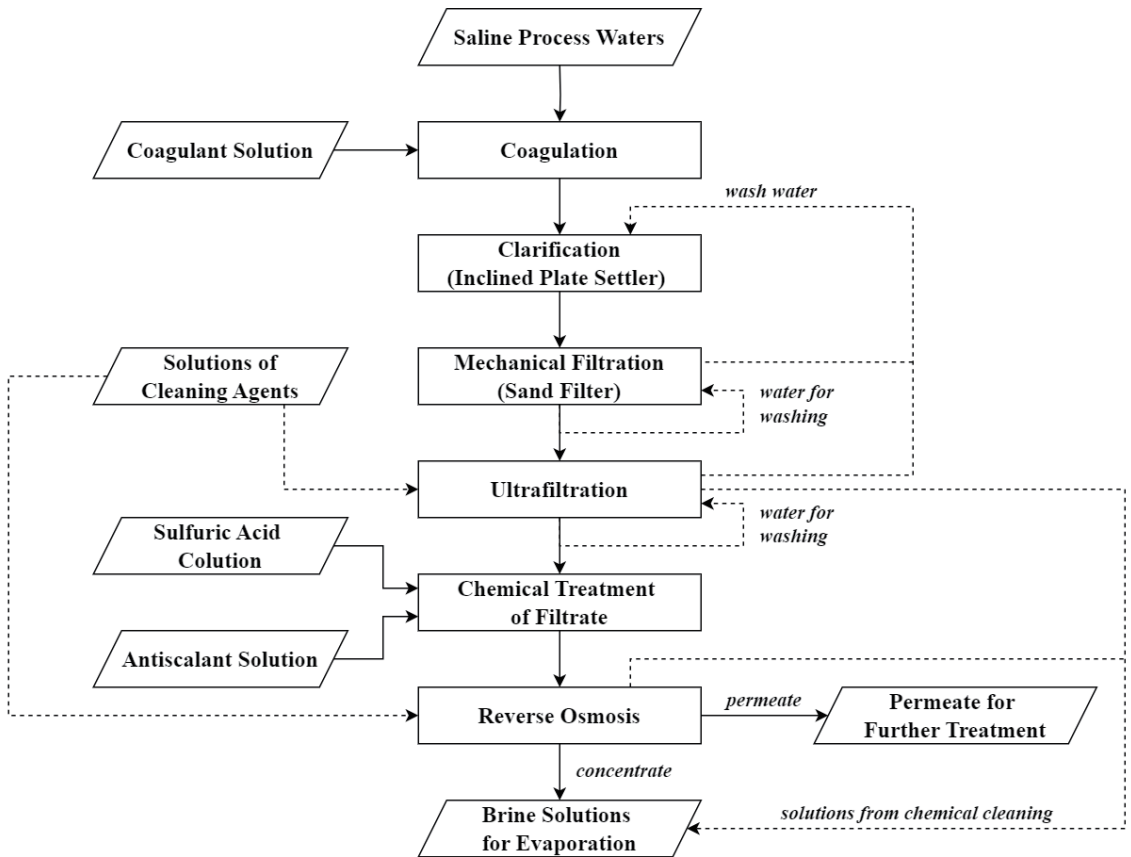


Figure 8 – Technology of pre-concentration of saline process water before its evaporation, developed for the main site of JSC “Uralektromed”

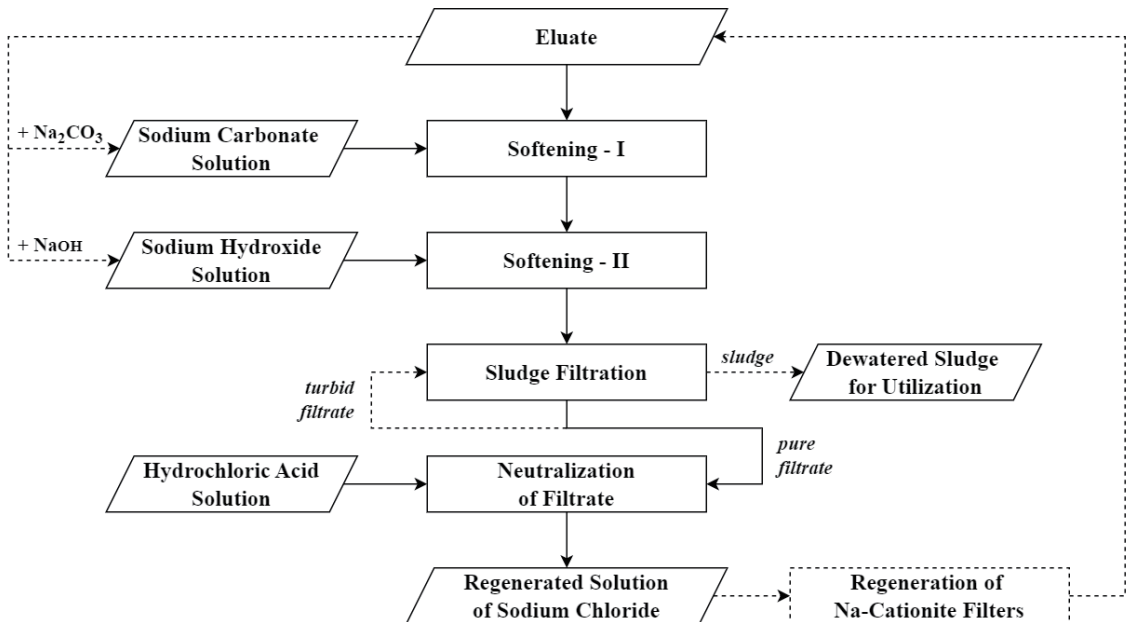


Figure 9 – Eluate (sodium chloride solution) recycling technology with zero liquid discharge, developed for “Polymetals Production” branch of JSC “Uralektromed”

The generated permeate contains up to 250 mg/dm³ of dissolved salts, so it is supposed to be sent to the reverse osmosis stage in the technology of integrated treatment of blowdown water (Figure 6).

For enterprises not using evaporation systems but producing and consuming large quantities of water, softened with cation-exchange resins, the issue of high-chlorine eluates disposal is utterly relevant. Even with their multiple dilution and co-treatment with other effluents, it is not possible to achieve the MPC level for chlorine ions in treated water, especially in case of one-time discharge of the entire volume of eluates. In addition, in any case, limewater or alkali, sodium carbonate used for wastewater treatment are spent on the precipitation of calcium and magnesium.

The most rational method of eluate processing is reagent softening with subsequent neutralization, whereby sodium chloride solution is produced and used again. Figure 9 shows the scheme for recycling such eluates, implemented in «Polymetals Production», which made it possible to exclude the discharge of 1,100 m³/yr of highly saline wastewater and to reduce the use of sodium chloride. In addition, this technology is waste-free, as the resulting sludge, mainly consisting of calcium carbonate, is used as a fluxing agent for blister copper production.

Conclusion

The technological solutions presented in this work and developed by the Research Center of JSC «Uralelektromed» and «UMMC Technical University» solve the issues of treating about 1.9 mln. m³/yr of wastewater generated at a number of JSC «UMMC» enterprises. These projects allow some assets (mining and processing) to avoid or reduce the environmental impact, and the others (metallurgical) to implement the concept of ZLD (zero liquid discharge) and switch to a closed-loop water circulation mode with lower consumption of fresh water. In aggregate, it ensures the sustainable development of «UMMC» in the context of emerging environmental, social and economic trends in Russia and across the globe.