7. Соколов И.В., Антипин Ю.Г., Никитин И.В. Методология выбора подземной геотехнологии при комбинированной разработке рудных месторождений. – Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2021. – 340 с.

8. Павлов А.М., Васильев Д.С. Совершенствование технологии подземной разработки тонких крутопадающих тел золоторудного месторождения Коневинского // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых, 2017. – Т. 40. – № 2. – С. 88-94.

9. Кантемиров В.Д., Титов Р.С., Тимохин А.В., Яковлев А.М. Совершенствование методов учета повышенных потерь и разубоживания полезного ископаемого при добыче // Горный информационно-аналитический бюллетень. – Москва, 2020. – № 3-1. – С.453-464.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Raimzhanov Bakhadirzhan Raimzhanovich — Doctor of Technical Sciences (DSc), Professor of the Department of Mining; Almalyk Branch of the National University of Science and Technology MISIS (NUST MISIS), 110105, Almalyk, Tashkent Region, Amir Temur Str., 56, Uzbekistan. E-mail: b.raimjanov@mail.ru ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-0395-1181

Kosimov Mukhiddin Odilovich — Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Mining; Almalyk Branch of the National University of Science and Technology MISIS (NUST MISIS), 110105, Almalyk, Tashkent Region, Amir Temur Str., 56, Uzbekistan. E-mail: kosimovmuhiddin25@gmail.com

METALLURGIYA SANOATI OQOVA SUVLARINI ELEKTROMAGNIT MAYDON ASOSIDA TOZALASH QURILMASINING ENERGETIK SAMARADORLIGINI BAHOLASH

M.O. Gafurova

Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, O‘zbekiston

Doi: 10.5281/zenodo.23663897

ANNOTATSIYA Metallurgiya ishlab chiqarishining yuvish, boyitish va metall yuzalariga ishlov berish jarayonlarida hosil bo‘ladigan oqova suvlarni elektromagnit maydon asosida tozalash samaradorligi tadqiq qilindi. Uch tajriba tartibi bo‘yicha tozalangan suv hajmi, qoldiq konsentratsiya, tozalash darajasi va solishtirma energiya sarfi qiyosiy baholandi. Eng yuqori texnologik samaradorlik 96,66 %, energiya va tozalash darajasining eng maqbul nisbati esa 400 m³ hajmli tajriba tartibida aniqlandi. Elektromagnit qurilmaning oqilona ish tartibini tanlash uchun integral energetik mezon taklif etildi.

KALIT SO‘ZLAR oqova suv, elektromagnit maydon, tozalash samaradorligi, resurs tejamkorlik.

Metallurgiya korxonalarida rudani boyitish, yuvish, tozalash, sovitish va boshqa bosqichlar katta miqdorda texnik suv talab qiladi. Hosil bo‘ladigan oqova suv tarkibida temir, mis, nikel, rux, xrom, qo‘rg‘oshin birikmalari, metall oksidlari, mayda dispers zarrachalar, moy mahsulotlari hamda tuzlar bo‘lishi mumkin va bu suvni yetarli darajada tozalamasdan foydalanish suv obyektlarining ikkilamchi ifloslanishiga, ishlab chiqarish tizimiga qaytarish esa quvur va texnologik uskunalarda cho‘kma hamda korroziya sabab ishqalanish ortishi va elektr energiya sarfi ko‘payishiga olib keladi [1, 2].

Tarkibida metall zarrachalari mavjud oqova suvlar odatda neytrallash, reagentli koagulyatsiya, tindirish, filtrlash va membranali ajratish usullari bilan tozalanadi. Ularning samaradorligi yuqori bo‘lsa-da, kimyoviy reagent sarfi va ikkilamchi shlam hosil bo‘lishi ekspluatatsion xarajatlarni oshiradi. Elektromagnit ta’sir zaryadlangan va magnit sezgir zarrachalarning harakatini boshqarish, koagulyatsiya markazlarini yiriklashtirish va keyingi ajratish jarayonini jadallashtirish imkonini beradi [2, 3]. Shu sababli elektromagnit usulni metallurgiya oqova suvlarini qayta foydalanishga tayyorlashning dastlabki yoki kombinatsiyalangan bosqichi sifatida baholash dolzarbdir.

Tadqiqotning maqsadi elektromagnit maydon asosida ishlaydigan qurilmaning metallurgiya oqova

suvini tozalashdagi texnologik va energetik samaradorligini uch tajriba tartibi bo‘yicha aniqlashdan iborat [6].

Tajribalarda qurilmadan o‘tkazilgan suv hajmi V, elektromagnit tizim sarflagan energiya W, tozalashdan keyingi konsentratsiya C_t va tajribada aniqlangan tozalash samaradorligi η asosiy ko‘rsatkich sifatida qabul qilindi. Tozalash darajasi konsentratsiyalar farqi orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$\eta = (C_0 - C_t) / C_0 \cdot 100\ \% \qquad (1)$$

bu yerda C_0 va C_t — metall saqlovchi aralashmaning boshlang‘ich va yakuniy konsentratsiyasi, mg/l. Bir tonna suvga sarflangan elektr energiyasi va energiya-texnologik mezoni quyidagi ifodalar orqali hisoblandi:

$$e = W / V,\ kWh/m^3; \qquad k = \eta / e \qquad (2)$$

k ko‘rsatkichi bir birlik solishtirma energiya sarfiga to‘g‘ri keladigan tozalash samaradorligini ifodalaydi. Ushbu mezon maksimal tozalash foizini emas, balki tozalash darajasi va energiya sarfi o‘rtasidagi maqbul muvozanatni aniqlash imkonini beradi.

Uch xil tajriba tartibida elektromagnit qurilmaga 440 kWh energiya berilgan, biroq tozalangan suv hajmi va jarayon samaradorligi turlicha bo‘lgan. Hisoblash natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Metallurgiya oqova suvini tozalash tajriba tartiblarining qiyosiy ko‘rsatkichlari

№	V, m³	C_t, mg/l	W, kWh	η, %	e, kWh/m³	*k*
1	96	27,07	440	86,47	4,583	18,87
2	400	20,02	440	92,66	1,100	84,24
3	240	20,02	440	96,66	1,833	52,73

Birinchi tajriba tartibida 96 m³ suv tozalangan va qoldiq konsentratsiya 27,07 mg/l ni tashkil etgan. Tozalash samaradorligi 86,47 % bo‘lsa-da, solishtirma energiya sarfi 4,583 kWh/m³ ga teng bo‘lib, uchala tajriba tartibi ichida eng yuqori qiymatni ko‘rsatdi. Natijada *k*=18,87 bo‘lib, bu tartibning energiya jihatdan nisbatan samarasiz ekanini bildiradi. Kichik hajmda o‘zgarmas 440 kWh energiya sarflanishi qurilmaning quvvatidan to‘liq foydalanilmaganini ko‘rsatadi.

Ikkinchi tajriba tartibida 400 m³ suv qayta ishlanib, qoldiq konsentratsiya 20,02 mg/l gacha kamaygan. Tozalash samaradorligi 92,66 %, solishtirma energiya sarfi esa 1,10 kWh/m³ bo‘ldi. Hisoblangan k=84,24 koeffitsiyenti tajribalar orasida eng katta qiymatdir. Demak, aynan ikkinchi tajriba tartibida tozalangan suv hajmi, yakuniy konsentratsiya va energiya sarfining eng maqbul nisbatini ta’minlaydi.

Uchinchi tajriba tartibida eng yuqori tozalash darajasi — 96,66 % qayd etildi. Bunda 240 m³ suv uchun solishtirma energiya sarfi 1,833 kWh/m³, *k* esa 52,73 ni tashkil etdi. Ikkinchi tajriba tartibi bilan solishtirganda tozalash darajasi 4,0 foiz bandga oshgan, biroq bir tonna suvga energiya sarfi 66,6 % ga ko‘paygan. Shuning uchun chiqish suviga qo‘yiladigan talab 92–93 % tozalash bilan bajarilsa, ikkinchi tajriba tartibi energetik jihatdan ustun; yuqoriroq tozalash talab qilinganda esa uchinchi tajriba tartibi tanlanadi.

Elektromagnit g‘altakdagi o‘zinduksiya elektr yurituvchi kuchi $\mathcal{E}=L\cdot di/dt$ orqali aniqlanadi [3, 4]. Tok amplitudasi va uning o‘zgarish tezligi magnit oqim zichligini belgilaydi, ammo tokning ortishi I^2R issiqlik yo‘qotishlarini ham ko‘paytiradi. Shu sababli tozalash qurilmasining ish tartibi faqat magnit induksiyani oshirish orqali emas, balki chastota, impuls davomiyligi, oqim tezligi va suvning elektr o‘tkazuvchanligini muvofiqlashtirish orqali optimallashtirilishi kerak.

Oqim magnit maydon chiziqlarini kesib o‘tganda suyuqlikdagi zaryadlangan komponentlarga Lorens kuchi ta’sir qiladi. Magnit sezgir zarracha uchun maydon kuchi $F_m \approx Vp\cdot\Delta\chi\cdot\nabla(B^2)/(2\mu_0)$ ko‘rinishida, gidrodinamik qarshilik esa sust oqimda $F_d=3\pi\mu d_pv$ bilan baholanadi. F_m/F_d nisbatining ortishi metall oksidlari va koagulyatsiyalangan dispers zarrachalarning yiriklashishi hamda keyingi filtrlash yoki tindirishda ajralishini osonlashtiradi [1–3].

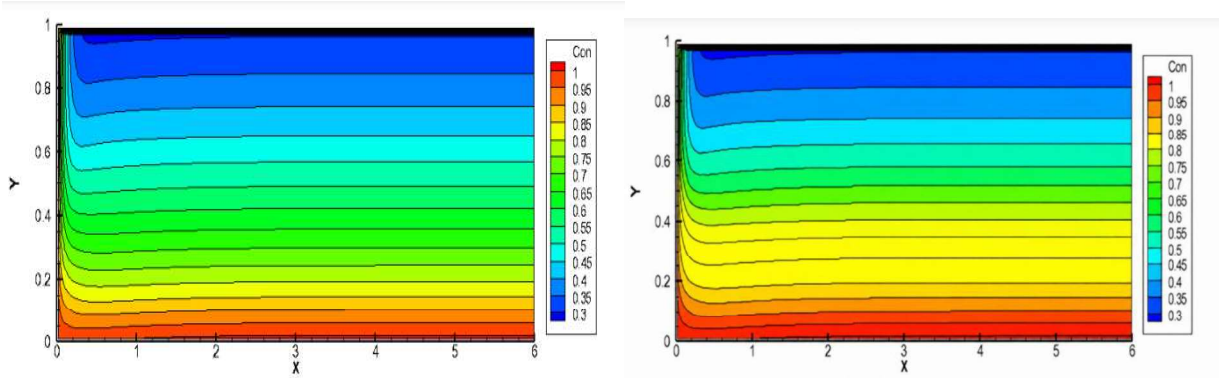
Metallurgiya oqova suvida pH, tuz miqdori va elektr o‘tkazuvchanlik o‘zgaruvchan bo‘lgani sababli elektromagnit usulni mustaqil yakuniy bosqich emas, balki mexanik filtrlash, tindirish yoki elektrokoagulyatsiya bilan uyg‘unlashtirilgan jarayon sifatida qo‘llash maqsadga muvofiq bo‘ladi. Chunki bu yondashuv metall ionlarining gidroksid va oksid shakllariga o‘tishini, agregatsiya tezligini va cho‘kmaning ajralishini boshqarish imkonini beradi.

Tadqiqot natijasida metallurgiya oqova suvini elektromagnit maydon asosida tozalash uchun texnologik samaradorlik η va solishtirma energiya sarfi e ni birlashtiruvchi *k*=η/e mezoni shakllantirildi. Ushbu mezon bo‘yicha 400 m³ hajmli ikkinchi tajriba tartibining qiymati 84,24 ga teng bo‘lib, birinchi tajriba tartibidan 4,46 marta va uchinchi tajriba

tartibidan 1,60 marta yuqori ekanligi aniqlandi. Shunday qilib, maksimal tozalash darajasi uchinchi tajriba tartibida kuzatilgan bo‘lsa ham, qurilmaning eng maqbul energiya-texnologik ish nuqtasi ikkinchi tajriba tartibiga to‘g‘ri keladi.



1-rasm. Konsentratsiya farqi



2-rasm. Konsentratsiya farqi

Metallurgiya korxonasida elektromagnit tozalash qurilmasini joriy etishda oqova suv avval yirik mexanik zarrachalardan ajratilishi, keyin elektromagnit ishlov berish zonasidan o‘tkazilishi va undan so‘ng tindirish yoki filtrlash bosqichiga yo‘naltirilishi maqsadga muvofiq bo‘lardi. Qurilmaning bazaviy tajriba tartibi sifatida 400 m³ suvga 440 kWh, ya’ni 1,10 kWh/m³ energiya sarflanadigan tajriba tartibi qabul qilinishi mumkin. Agar texnologik me’yor yuqori tozalashni talab qilsa, 96,66 % samaradorlikka ega uchinchi tajriba tartibi qo‘llanadi, lekin bunda energiya sarfining 1,833 kWh/m³ gacha oshishi hisobga olinadi.

Nasosning ish nuqtasini quvur tarmog‘i tavsifiga mos tanlash, ortiqcha bosim yo‘qotishlarini kamaytirish va g‘altakning reaktiv quvvatini kompensatsiyalash umumiy energiya samaradorligini oshiradi [5, 6]. Elektromagnit tizimning uzoq muddatli ishlashida izolyatsiya holati va harorat nazorati, o‘tish jarayonlarida esa tokning ruxsat etilgan o‘sish tezligi ta’minlanishi kerak. Oqova suv tarkibi o‘zgaradigan

Tajribalar davomida suvdagi konsentratsiya farqi ham o‘rganilganda, birinchi tajribadagi elektromagnit maydon parametrlari bilan 2- va 3-tajribalardagi elektromagnit maydon parametrlar konsentratsiya farqlangani ko‘rindi (1 va 2-rasm).

Olingan natija elektromagnit qurilmalarni faqat olib tashlash foizi bilan baholash yetarli emasligini ko‘rsatadi. Suv sarfi kamayganda doimiy energiya berilishi bir tonnaga to‘g‘ri keladigan xarajatni keskin oshiradi.

Qurilma boshqaruvida suv sarfiga mos ravishda tok amplitudasi yoki impulsning ish koeffitsiyentini o‘zgartirish solishtirma energiya sarfini kamaytirishi mumkin. Buning uchun oqim sarfi, tok, kuchlanish, g‘altak harorati va chiqish konsentratsiyasi bo‘yicha yopiq avtomatik rostlash konturini tashkil etish tavsiya qilinadi [4].

sharoitda pH, elektr o‘tkazuvchanlik va qoldiq metall konsentratsiyasi davriy laboratoriya nazoratidan o‘tkaziladi.

Metallurgiya sanoati oqova suvini elektromagnit maydon bilan tozalash bo‘yicha uch tajriba tartibi qiyosiy tahlil qilindi. Eng yuqori tozalash darajasi 96,66 % bo‘lib, 240 m³ hajmli tajriba tartibida olindi. Biroq energiya-texnologik mezon bo‘yicha 400 m³ suv tozalangan ikkinchi tajriba tartibi eng samarali bo‘lib, unda qoldiq konsentratsiya 20,02 mg/l, tozalash samaradorligi 92,66 % va solishtirma energiya sarfi 1,10 kWh/m³ ni tashkil etdi. Ikkinchi tajriba tartibi uchinchi tajriba tartibiga nisbatan bir tonna suv uchun 40 % kam energiya sarfladi. Taklif etilgan *k* mezoni elektromagnit qurilmaning sanoat sharoitidagi oqilona ish tartibini tanlashga xizmat qiladi. Tadqiqotlarni yanada kengroq olib borish va mazkur natijalarni Cu, Fe, Zn, Ni va Cr bo‘yicha alohida konsentratsiyalar, pH, chastota va oqim tezligi bilan bog‘langan ko‘p omilli tajriba asosida tekshirish lozim.

REFERENCES

1. Abidov K.G., Gafurova M.O. Elektr magnit maydon asosida sanoat oqova suvlarni tozalashning ekologik usuli va energiya samaradorligi // Jahon miqyosida yashil iqtisodiyot va to‘rtinchi sanoat inqilobi doirasida qayta tiklanuvchi energetikaning roli: innovatsiyalar, texnologiyalar va barqaror rivojlanishni ta’minlash. Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya. – Toshkent. 2025. 431-434 bet.

2. Абидов К.Г., Гафурова М.О. Системы для очистки сточных вод магнитным полем // Энергия ва ресурс тежаш муаммолари. Махсус сон № 87. 2024. – С.479-490. (05.00.00; №21);

3. Abidov K.G., Gafurova M.O. Modeling of the electromagnetic field in the process of water purification // Konchilik mashinalari va texnologiyalari. – Toshkent: TDTU, 2024. – №2(8). – B. 73–79.

4. Абидов К.Г., Гафурова М.О. Исследование переходных процессов в устройствах систем управления // Материалы IV Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы систем электроснабжения». – ТГТУ–КГУ, 2024. – С. 106–113.

5. Халиков А.А., Колесников И.К., Нормухамедов А.А., Айнакулов Э.В. Электромагнитная технология очистки и обеззараживания воды // Материалы конференции АСИНТЕХ–2007. – Астрахань, 2007. – С. 244–247.

6. Abidov K.G., Gafurova M.O. Electromagnetic field model as a source of water cavitation energy // Technical science and innovation, Toshkent, TSTU 2024. -№1/2024. P. 51-56. (05.00.00; №16);

7. Gafurova M.O. Mathematical modeling of the start-up sequence of a wastewater treatment system: integration of physicochemical processes // Modern American journal of engineering, technology and innovation. Vol. 1, Iss.8. 2025. – P.146-152. (ResearchBib:10.35).

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Gafurova Mexrnoz Odiljonovna	—	PhD in Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Electrical Engineering, Faculty of Energy Engineering; Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, 100095, Tashkent, University Str., 2, Uzbekistan. E-mail: gafurova.mexrnoz@mail.ru ORCID ID: https://orcid.org/0009-0006-7612-8221

ГЕОТЕХНИЧЕСКАЯ БЛОЧНАЯ МОДЕЛЬ ГЛУБОКОГО КАРЬЕРА: СТРУКТУРА, МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ АТРИБУТОВ И ОЦЕНКА ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО РИСКА

[1]Каримов Ш. В., [1]Каршибоев З. Ж., [2]Каршибоева М. У.

[1]Алмалыкский филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСИС», Алмалык, Узбекистан.

[2]Алмалыкский горно-металлургический комбинат, Алмалык, Узбекистан.

Doi: 10.5281/zenodo.23663926

АННОТАЦИЯ

Предложена геотехническая блочная модель глубокого карьера — расширение классической геолого-экономической блочной модели, в котором каждый элементарный блок наделяется полным набором геомеханических характеристик. Концепция модели построена на трёх принципах: единстве пространственной основы, иерархии выводимых атрибутов и разделении атрибутов по характеру изменчивости во времени. Разработаны методики формирования первичных атрибутов — литологического состава на основе индикаторного кригинга с сохранением долей литотипов для смешанных блоков, индекса микротрещиноватости, объединяющего показатель RQD и характеристики состояния трещин, и объёмной интенсивности макротрещиноватости по DFN-модели. Поровое давление присваивается блокам по решению фильтрационной задачи с дифференцированными по доменам коэффициентами фильтрации. Коэффициент устойчивости рассчитывается по критерию Мора—Кулона с прочностными характеристиками, полученными по критерию Хука—Брауна, а вероятность обрушения — методом Монте-Карло. Предложена классификация