

ӘОЖ 574.5

<sup>1</sup>Г.Қ. Қайырманова, <sup>1</sup>Г.Е. Уразбекова\*, <sup>2</sup>А.Н. Ахсамбаева<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,  
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.<sup>2</sup>«Казмеханобр» мемлекеттік ғылыми-өндірістік  
және экологиялық өндірістік бірлестігі, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

\*E-mail: gule90@mail.ru

### Алтын байыту кәсіпорынның өндірістік қалдық суларының микробиологиялық бағалауы

Жұмыста алтын-байыту фабрикасының Сорбция (СЖ), Флотация (ФЖ) және Ескі жинақтаушыларынан (ЕЖ) алынған өндірістік ағынды суларына химия-микробиологиялық сандық және сапалық сипаттама берілген.

Химиялық талдау нәтижесінде, фабрика ластанған өндірістік ағынды суларында  $SO_4^{2-}$ ,  $As^{2+}$ ,  $Cl^-$ ,  $HCO_3^-$  иондарының нормативтерге сай еместігі анықталды. СЖ су үлгілерінде жалпы микроб саны  $10^3$  кл/мл, ал ФЖ және ЕЖ су үлгілерінде жалпы микроорганизмдер саны  $10^6$ - $10^7$  кл/мл құрайды екені көрсетілді. Ластанған ағынды су үлгілерінің микроорганизмдерінің негізгі физиологиялық құрамы анықталды. ФЖ және ЕЖ суларының микробиологиялық бағалауы бойынша сандық және сапалық құрамы жағынан қанағаттандырарлық жағдайда және су экожүйесінің өзіндік тазалауына қабілетті екені анықталды. Алайда, осы ағынды сулардың өзіндік тазалануын күшейтуде, аборигенді микрофлораның түрлі қоспалар тандау негізінде стимуляциясы немесе белсенді микроорганизм-деструкторларды енгізу арқылы микроорганизм санын жоғарлатуға болады.

**Түйін сөздер:** ластанған өндірістік ағынды су, қалдық-жинақтаушы, сорбция қалдық-жинақтаушы, микрофлора, микроорганизмдер, цианидтер.

G.K. Kayirmanova, G.E. Urazbekova, A.N. Ahsambaeva

#### Microbiological assessment of industrial wastewater of gold-concentrating factory

Abstract. In this work the qualitative and quantitative chemical and microbiological characteristics of industrial wastewater of gold-concentrating factory: sorption tailings, flotation tailings and old. It is shown that in the effluent ions  $SO_4^{2-}$ ,  $As^{2+}$ ,  $Cl^-$ ,  $HCO_3^-$  ratios are much higher than economic waters. Revealed that the least amount of microbial cells observed in the tailings effluent sorption and flotation tailing is much lower than in the effluent of the old tailings. The main groups of microorganisms in the physiological study of three effluents. It was established that in the effluent tailings and flotation tailings old TBC is more than 106 cells / ml, indicating that the indigenous microflora is in satisfactory condition. However, stimulation of these microorganisms various additives or the introduction of active microorganisms- destructors, increase the number of microorganisms, which in turn may intensify the process of biological wastewater treatment.

**Key words:** industrial sewage, tailing, tailing sorption flora, microorganisms, cyanides.

Г.К. Қайырманова, Г.Е. Уразбекова, А.Н. Ахсамбаева  
**Микробиологическая оценка производственных  
сточных вод золотообогатительной фабрики**

В работе дана количественная и качественная химико-микробиологическая характеристика производственных сточных вод золотообогатительной фабрики: хвостохранилищ сорбции, флотации и старого хвостохранилища. Показано, что в стоках ионы  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{As}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  значительно превышают нормативы хозяйственных вод. Выявлено, что наименьшее количество клеток микроорганизмов наблюдается в стоках хвостохранилища сорбции, а в хвостохранилище флотации на порядок ниже, чем в стоках старого хвостохранилища. Определены основные физиологические группы микроорганизмов в трех исследуемых стоках. Установлено, что в стоках хвостохранилища флотации и старого хвостохранилища ОМЧ составляет более  $10^6$  кл/мл, что аборигенная микрофлора находится в удовлетворительном состоянии. Однако стимуляция данных микроорганизмов различными добавками или введение активных микроорганизмов-деструкторов увеличит количество микроорганизмов, что, в свою очередь, может интенсифицировать процесс биологической очистки сточных вод.

**Ключевые слова:** производственные сточные воды, хвостохранилище, хвостохранилище сорбции, микрофлора, микроорганизмы, цианиды.

Әлемде зерттелген алтын қоры бойынша Қазақстан 10-шы орында, ал алтынқұрамды шикізатты шығару бойынша 25-ші орында тұрғаны белгілі (ТМД бойынша 4-ші орында). Қазақстанның барлық аймақтарында алтын кен орындары табылған, сонымен қатар, Шығыс, Солтүстік және Орталық Қазақстанда алтын қорлары жетекші орын алады.

Қазіргі кезде Қазақстанның алтын кен орындарының өңдеуіне жүзге шақты әртүрлі кәсіпорындар құқылы. Олардың ішінде 35 кәсіпорын алтынқұрамды шикізатты шығарумен және алтынды байытумен айналысады. Инвестициялық төмен тәуекелділігі, алтын өндіру саласының мемлекеттік реттелуінің төмен деңгейлігі, сонымен қатар, Қазақстанның жалпы аймақтағы либеральділігі мен тұрақты экономикасы іскерлік белсенділігінің өсуін көрсетеді [1].

Алтынқұрамды шикізатты шығару және байыту барысында тау-кен металлургиялық кәсіпорындары көп мөлшерде өнеркәсіптік ластанған ағынды сулар пайда болуы мәлім. Қайта қолдану барысында суларда көп мөлшерде  $\text{As}^{+2}$ ,  $\text{Cu}^{+2}$ ,  $\text{Cl}^-$ , роданидтер, цианидтер жинақталады да, кәсіпорынның баланста тұратын су мөлшерін және табиғи сулар пайдалануының ұлғаюына алып келеді. Сондықтан, алтынқұрамды шикізатты шығару және байыту барысында пайда болатын өндірістік ластанған ағынды суларды тазарту және қайтадан өндірістік қолдану экологиялық және экономикалық жағынан маңызды [2,3].

Ластанған өндірістік ағынды суларды тазалауында кешенді әдістерді қолданады: физикалық, химиялық және биологиялық. Биологиялық әдіс экологиялық таза және тазалауға кететін

шығындардың аздығымен ерекшеленеді. Ластанған суларды толығымен биологиялық ыдырату бактериялар, балдырлар, микробалдырлар және микросаңырауқұлақтар көмегімен жүзеге асырылады. Бұл микробиоценоз өкілдері бір-бірімен күрделі қарым-қатынастар (метабиоз, симбиоз, антагонизм) арқылы біртұтас кешен түзеді де, судың «өзіндік тазалау» қарқындылығына себеп болады [4]. Судың «өзіндік тазалау» қарқындылығы көп факторларымен анықталады, соның ішінде маңыздылары: құрамы, су температурасы, рН деңгейі, органикалық заттардың және улы қосылыстардың мөлшері [5]. Сондықтан ластанған өндірістік суларды тазалауында биотехнологияларды қолдану үшін, сулардың «өзіндік тазалау» қабілетін зерттеу қажет, яғни химиялық және микробиологиялық сандық және сапалық көрсеткіштерін анықтауы маңызды.

Жұмыстың мақсаты: Ақмола облысында орналасқан байыту фабрикасының өндірістік ластанған ағынды су үлгілерінің химия-микробиологиялық сандық және сапалық құрамын анықтау.

### **Зерттеу материалдары мен әдістері**

Зерттеу материалы ретінде алтын байыту фабрикасының өндірістік ластанған ағынды сулардың 3 сынамалары пайдаланылды, келесі қалдық жинақтағыштардан алынған: сорбция жинақтаушы (СЖ), флотация жинақтаушы (ФЖ), ескі жинақтаушы (ЕЖ).

Алтын өндіру зауытының ластанған өндірістік сулар үлгілері 2013 жылы қыркүйек айында алынды. Үлгілер стерильді ыдысқа «конверт»

әдісімен алынып, +4-6<sup>0</sup> С жағдайда 2 күн аралығында тасымалданып, химиялық және микробиологиялық талдау жасалды [6].

Су үлгілерінің химиялық талдауы сертифицирленген химиялық зертханада дәстүрлі әдістермен жүргізілді, келесі көрсеткіштер анықталыны: рН, тотықтыру ( $O_2$  мг/дм<sup>3</sup>), ластанған заттар концентрациясы (мг/дм<sup>3</sup>): хлоридтер  $Cl^-$ , сульфаттар  $SO_4^{2-}$ , цианидтер  $CN^-$ , роданидтер  $CNS^-$ , темір  $Fe^{2+}$ , мыс  $Cu^{2+}$ , қорғасын  $Pb^{2+}$ , мырыш  $Zn^{2+}$ , мышьяк  $As^{2+}$ , алтын  $Au^{2+}$  [6].

Су үлгілерінің микробиологиялық сапалық және сандық көрсеткіштерін анықтауда келесі коректік орталар пайдаланды: ЕПА, Сабуро, КАА, Эшби, Виноградский, ЕПА+Сабуро. Микроорганизмдердің таза дақылдары Кох әдісімен бөлініп алынды, микроскопиялық зерттеулер Leica CME, MC20BIN, (Германия) кеңейген аймақты WF10x/18 мм бинокулярлы микроскоп арқылы жүргізілді. Микроорганизмдердің морфо-дақылдық қасиеттері дәстүрлі микробиологиялық әдістермен қарастырылды [6].

### Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

Алтын байыту фабрикасының өндірістік ағынды суларды тазалауында үш суқоймасы қолдануда: СЖ – жоғары мөлшерлі өндірістік ағынды сулар жанақталған тұйық суқоймасы және сатылы тазарту технологиясы бойынша қолданатын өзара қатынасты екі суқоймасы – ФЖ – оның ішіндегі су белгілі уақыттан кейін «ескі» су жинақтағышына ЕЖ ағылады. Ескі су

жинақтағышында аборигенді микроорганизмдермен және өсімдіктермен «өзіндік» тазалау жүреді, содан кейін су, байыту фабрикасының қайта өндірістік пайдалануына түседі.

Алтынқұрамды шикізатты байыту технологиялық регламент бойынша көптеген түрлі күрделі реагенттер қолданады. Түрлі қосылыстар жоғары концентрацияланған өнеркәсіптік ағын сулары су сапасының өзгерісіне, микробиоценоз және гидробионттар өмір сүретін ортасының бұзылысына әкеледі. Ағын суларға түрлі күрделі реагенттер ион формасында түсіп, гидрооксид, карбонат, сульфид немесе фосфат түрінде жинақталады. Жоғары концентрациялы ауыр металдар судың беткі қабатында орналасады. Көптеген қосылыстар иондары әртүрлі биологиялық процесте негізгі рөлді атқарады.

Алтын байыту фабрикасының СЖ, ФЖ және ЕЖ су жинақтығыштардан алынған өндірістік ағынды суларының химиялық сипаттамасы 1-кестеде көрсетілген. Салыстырмалы ретінде шаруашылық-ауыз және коммуналды-тұрмыстық сулардың шектеулі рұқсат етілген концентрациялары (ПДК) келтірілген [7].

Кестедегі көрсеткіштер бойынша, фабрика ластанған өндірістік ағынды суларының рН-ы сілтілі, нормативтерге сай, СЖ және ФЖ үлгілерінде түгелге жуық көрсеткіштер мөлшері нормативтерден 2 есе жоғары, бірақ, өндірістік қайта пайдаланатын су ЕЖ үлгідегі көрсеткіштердің химиялық талдауына қарағанда  $SO_4^{2-}$ ,  $As^{2+}$ ,  $Cl^-$ ,  $HCO_3^-$  иондарының кездесуі көп мөлшерде екендігі анықталды.

**1-кесте** – Алтын байыту фабрикасының өндірістік ластанған суларының химиялық сипаттамасы, мг/дм<sup>3</sup>

№	Су үлгілері	мг/дм <sup>3</sup> , жалпы											
		pH	$CO_3^{2-}$	$HCO_3^-$	$SO_4^{2-}$ , мг/л	$Cl^-$ , мг/л	$CNS^-$	$Ca^{2+}$ , мг/л	$Mg^{2+}$ , мг/л	$Fe^{2+}$ жалп., мг/л	$Cu^{2+}$	$Au^{2+}$	$As^{3+}$ , мг/л
норматив	РШК	6-9	–	300,0	500,0	350,0	–	200,0	50,0	0,1	1,0	–	0,05
1	СЖ	8,8	60,0	305,1	2148,0	1002,3	112,0	72,1	43,8	0,50	4,1	0,09	7,12
2	ФЖ	8,5	24,0	353,9	658,4	1176,8	a	48,1	87,6	<0,01	0,02	–	3,0
3	ЕЖ	8,7	36,0	292,9	510,4	941,46	a	80,2	92,4	<0,01	0,01	0,01	2,36

Ескерту: «a» – анықталмаған

Өндірістік ағынды су құрамындағы қосылыстардың рұқсат етілген концентрациядан жоғары болуы судың өзіндік тазалауын бәсеңдетеді, яғни, осы қосылыстардың СЖ және ФЖ биоценоздарына улы әсерімен анықталады.

Ластанған ағынды су үлгілерінің микроорганизмдерінің сандық және сапалық құрамы 2-кестеде көрсетілген. Кестеде көрсетілгендей, су үлгілерінде ми жалпы микроб саны: СЖ –  $17,0 \times 10^3$  КТБ/мл, ФЖ –  $25,0 \times 10^6$  КТБ/мл көрсетсе, ал ЕЖ

суында бұл көрсеткіш  $37,0 \times 10^7$  КТБ/мл жоғарлайды. Бұл нәтижелер су үлгілердің химиялық талдауымен толық корреляционды тәуелді, солай, СЖ үлгісінде сульфат, хлорид тиоцианат, мышьяк сияқты биоцидтердің жоғары концентрациясы байқалады.

Белгілі зат айналым процестеріне экологиялық маңызды тек өміршеңдікке белсенді және сандық жағынын көп микроорганизмдер: бактериялар үшін шартты сандық критерий ретінде 1 г субстратта кем дегенде 1 млн микроб клеткасы кездесуі қажет, яғни сонда ғана олар елеулі экологиялық мағынаға ие болады [8].

Әрбір экологиялық фактор (температура, қоректік заттар мөлшері, макро- және микроэлементтер концентрациясы) белгілі сандық көрсеткіштермен сипатталады, әсіресе, фактордың жағымды дозасы, оны оптимум деп атайды жә-

не фактордың жағымсыз дозасы, ол кезде организмдердің тежелуі байқалады.

Тұрақтылық шекарасына жақын жағдайдағы организмдердің (организмнің өсуімен дамуына қажетті барлық факторлардың интервалы, яғни минимумнан максимумға дейін) тежелуі сезіледі, олар өмір сүріп, өскенімен, бірақ толық дамымайды, биологиялық объектілердің мұндай жағдайы стрестік аймаққа жауап береді [9].

2-кестеде көрініп тұрғандай, СЖ үлгісінде жалпы микроб саны көрсеткіші бойынша микроорганизмдер өмірлік циклінің шегінде тұрғандығын байқауға болады.

Айта кету керек, флотация жинақтаушысымен ескі жинақтаушыларының микроорганизм клетка сандарының жоғары болуы, яғни су үлгілерінің жылы мезгілде (қыркүйек) алынғандығымен түсіндіруге болады.

**2-кесте** – Алтын байыту фабрикасының өндірістік ластанған суларының микробиологиялық сипаттамасы, КТБ/мл

№	Микроорганизмдер	Ластанған ағынды су үлгілері		
		СЖ	ФЖ	ЕЖ
1.	Жалпы микроб саны	$17,0 \pm 0,7 \times 10^3$	$25,0 \pm 1,0 \times 10^6$	$37,0 \pm 1,5 \times 10^7$
2.	Микросанырауқұлақтар	-	-	-
3.	Азотфиксаторлар	$5,0 \pm 0,2 \times 10^2$	$7,0 \pm 0,3 \times 10^3$	$30,0 \pm 1,1 \times 10^6$
4.	Актиномицеттер	$6,0 \pm 0,2 \times 10^1$	-	-
5.	Спора түзуші бактериялар	$6,4 \pm 0,3 \times 10^2$	$7,1 \pm 0,3 \times 10^4$	$7,1 \pm 0,3 \times 10^5$
6.	Целлюлоза ыдыратушы микроорганизмдер	$0,2 \pm 0,01 \times 10^1$	$6,0 \pm 0,2 \times 10^3$	$20 \pm 0,9 \times 10^3$
Ескерту: «-» – өсу байқалмаған				

Өндірістік ағынды сулардың микробтық сапалық құрамын анықтауында келесі физиологиялық топтары қарастырылды: микросанырауқұлақтар, азотфиксаторлар, актиномицеттер, спора түзуші бактериялар және целлюлоза ыдыратушы микроорганизмдер (2-кесте).

Кестеде берілгендей, барлық су үлгілерде келесі микроб топтары анықталған: спора түзуші бактериялар, азотфиксаторлар, аз мөлшерде целлюлоза ыдыратушы микроорганизмдер; мүлдем анықталмаған – микросанырауқұлақтар, ал ФЖ және ЕЖ су үлгілерінде актиномицеттер клеткалары анықталмаған.

Белгілі, ластанған экожүйелерде актиномицеттердің басым кездесуі, бірақ зерттелеп отырған ФЖ және ЕЖ су үлгілерінде актиномицеттердің кездеспеуі, мүмкін, актиномицеттердің

баяу өсуіне байланысты, осы экологиялық қуысты (орынды) тез өсіп-өнетін стратегиялы бактериялар алды, өйткені осы су үлгілерінде жалпы микроб саны бірнеше қатарға жоғары СЖ су үлгісімен салыстырмалы.

Зерттеліп отырған ФЖ және ЕЖ су үлгілерінде жалпы микроорганизмдер саны  $10^6$ - $10^7$  кл/мл құрайды, яғни аборигенді микрофлорасы сандық және сапалық құрамы жағынан қанағаттандырлық жағдайда және су экожүйесінің өзіндік тазалауына қабілетті екені анықталды. Алайда, осы ағынды сулардың өзіндік тазалануын күшейтуде, аборигенді микрофлораның түрлі қоспалар таңдау негізінде стимуляциясы немесе белсенді микроорганизм – деструкторларды енгізу арқылы микроорганизм санын жоғарлатуға болады.

**Әдебиеттер**

- 1 Месторождения золота в Казахстане. URL: <http://www.garshin.ru/evolution/geology/geosphere/gold/goldfields/ores-of-kazakhstan.htm> (дата обращения 24.12.2014).
- 2 Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Казахстанского сектора Каспийского моря. – Выпуск 2 (6). – Алматы, 2006. – 58 с. <http://be.convdocs.org/docs/index-46789.html>.
- 3 Скороходов В.Ф., Месяц С.П., Никитин Р.М. Очистка сточных вод горнорудных предприятий // Сборник материалов IX Конгресса обогатителей стран СНГ. – М., 2013. – 380 с.
- 4 Бродский А.К. Введение в проблемы биоразнообразия. – СПб.: Издательство ДЕАН, 2002. – 144 с.
- 5 Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. – М., 1984. – С. 16 – 19.
- 6 Зарина Л.М., Гильдин С.М. Геоэкологический практикум. – СПб.: Издательство РГПУ им. А. И. Герцена, 2011. – 29 с.
- 7 Әлмағамбетов Қ.Х., Байдүйсенова Ә.Ө., Мұхаметжанов Қ.М. Микроорганизмдер биотехнологиясы. – Астана, 2008. – 240 б.
- 8 Никитин Д.П., Новиков Ю.В. Окружающая среда и человек. – М.: Высшая школа, 1980. – 424 с.
- 9 Нетрусов А.И., Бонч-Осмоловская Е.А., Горленко В.М. и др. Экология микроорганизмов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 272 с.

**References**

- 1 Mestorozhdenija zolota v Kazahstane. URL: <http://www.garshin.ru/evolution/geology/geosphere/gold/goldfields/ores-of-kazakhstan.htm> (data obrashhenija 24.12.2014).
- 2 Informacionnyj bjulleten' o sostojanii okruzhajushhej sredy Kazahstanskogo sektora Kaspijskogo morja. – Vypusk 2 (6). – Almaty, 2006. – 58 s. <http://be.convdocs.org/docs/index-46789.html>
- 3 Skorohodov V.F., Mesjac S.P., Nikitin R.M. Ochistka stochnyh vod gornorudnyh predpriyatij // Sbornik materialov IX Kongressa obogatitelej stran SNG. – M., 2013. – 380 s.
- 4 Brodskij A.K. Vvedenie v problemy bioraznoobrazija. – SPb.: Izdatel'stvo DEAN, 2002. – 144 s.
- 5 Lur'e Ju.Ju. Analiticheskaja himija promyshlennyh stochnyh vod. – M., 1984. – S. 16 – 19.
- 6 Zarina L.M., Gil'din S.M. Geojekologicheskij praktikum. – SPb.: Izdatel'stvo RGPU im. A. I. Gercena, 2011. – 29 s.
- 7 Әлмағамбетов Қ.Х., Байдүйсенова Ә.Ө., Мұхаметжанов Қ.М. Mikroorganizmder biotehnologijasy. – Astana, 2008. – 240 b.
- 8 Nikitin D.P., Novikov Ju.V. Okruzhajushhaja sreda i chelovek. – M.: Vysshaja shkola, 1980. – 424 s.
- 9 Netrusov A.I., Bonch-Osmolovskaja E.A., Gorlenko V.M. i dr. Jekologija mikroorganizmov. – M.: Izdatel'skij centr «Akademija», 2004. – 272 s.