

зарегистрирован Министерством культуры и информации Республики Казахстан 04.04.2013 г.  
Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания 13508-Ж.

Издается с января 2003 г.

Приказом №290 от 28.06.2022 г. Комитета по контролю в сфере образования и науки МОН РК внесен в перечень научных изданий, рекомендуемых для публикации научных результатов научной деятельности.

*В журнале публикуются материалы, отражающие состояние и перспективы развития геологии, горного дела и металлургии не только в нашей стране, но и за рубежом.*

*Журнал освещает проблемы охраны труда и техники безопасности, экономики, подготовки кадров и других вопросов, связанных с горно-металлургическим комплексом. В журнале представлены статьи прикладного характера, результаты фундаментальных исследований, служащие основой для новых технических разработок.*

*При перепечатке материалов ссылка на Горный журнал Казахстана обязательна. Ответственность за достоверность сведений в публикуемых статьях и рекламных материалах несут авторы и рекламодатели. Мнение редакции не всегда может совпадать с мнением авторов.*

**Адрес редакции:**  
050026, г. Алматы, ул. Карасай батыра, 146, оф. 401,  
тел.: +7 (747) 440-46-35  
+7 (747) 343-15-02  
[minmag.kz](http://minmag.kz)

**Представитель журнала на специализированных мероприятиях – Общество с ограниченной ответственностью «Маркетинг от Тимченко»**

#### Представители журнала:

**Центрально-Казахстанский регион –**  
**ВЛАДИМИР ФЕДОРОВИЧ ДЕМИН**  
[vladdemin@mail.ru](mailto:vladdemin@mail.ru)

**Российская Федерация, Москва –**  
**ИРИНА ЯРОПОЛКОВНА ШВЕЦ**  
[shvetsirina@yandex.ru](mailto:shvetsirina@yandex.ru)

**Российская Федерация, Сибирский регион –**  
**ЮРИЙ НИКОЛАЕВИЧ ШАПОШНИК**  
[shaposhnikyury@mail.ru](mailto:shaposhnikyury@mail.ru)

Периодичность 12 номеров в год

Тираж 1500 экземпляров

ISSN 2227-4766

Подписной индекс 75807 в каталогах:  
**АО «Казпочта»,**  
**ТОО «Эврика-Пресс»,**  
**ТОО «Агентство «Евразия пресс»**

Подписано в печать 15.09.2022 г.

#### Отпечатано:

«Print House Gerona»  
ул. Сатпаева 30А/3, офис 124  
тел: + 7 727 250-47-40,  
+ 7 727 398-94-59,  
факс: + 7 727 250-47-39

УЧРЕДИТЕЛЬ И СОБСТВЕННИК  
ТОО «Научно-производственное  
предприятие «ИНТЕРРИН»



**INTERRIN**

#### Главный редактор

М.Ж. БИТИМБАЕВ, [mbitimbaev@mail.ru](mailto:mbitimbaev@mail.ru)

#### Заместитель гл. редактора

Л.А. КРУПНИК, [leonkr38@mail.ru](mailto:leonkr38@mail.ru)

#### Заместитель гл. редактора

Х.А. ЮСУПОВ, [yusupov\\_kh@mail.ru](mailto:yusupov_kh@mail.ru)

#### Ответственный редактор

Ю.А. БОЧАРОВА, [Yuliya.Bocharova@interrin.kz](mailto:Yuliya.Bocharova@interrin.kz)

#### Специалист по связям с общественностью

Т.С. ДОЛИНА, [Tatyana.Dolina@interrin.kz](mailto:Tatyana.Dolina@interrin.kz)

#### Редакционная коллегия:

**Fathi Nabashi** (Canada), Dr. techn. [Vienna], Dr.h.c.

[St. Petersburg], Dr.h.c. [National Tech Univ, Lima],

Dr.h.c. [San Marcos Univ, Lima]

**Fidelis Tawiah Suorineni**, PhD,

Professor of Mining Engineering

**Ж.Д. Байгурин**, д-р техн. наук, профессор

**А.Б. Бегалинов**, д-р техн. наук, профессор

**А.А. Бекботаева**, PhD

**В.А. Белин** (Россия), д-р техн. наук, профессор

**В.И. Бондаренко** (Украина), д-р техн. наук, профессор

**Н.С. Буктуков**, д-р техн. наук, профессор

**А.Е. Воробьев** (Россия), д-р техн. наук, профессор

**С.Ж. Галиев**, д-р техн. наук, профессор

**А.И. Едильбаев**, д-р техн. наук

**А.А. Зейнуллин**, д-р техн. наук, профессор

**Д.Р. Каплунов** (Россия), д-р техн. наук, профессор

**В.Л. Лось**, д-р геол.-минерал. наук, профессор

**Д.Г. Масыгин**

**С.К. Молдабаев**, д-р техн. наук, профессор

**В.С. Музгина**, д-р техн. наук

**В.И. Нифадьев** (Кыргызстан), д-р техн. наук, профессор

**М.Б. Нурпеисова**, д-р техн. наук, профессор

**Е.Н. Ольшанский**, член-корреспондент МАИН

**Е.А. Петров** (Россия), д-р техн. наук, профессор

**И.Н. Столповских**, д-р техн. наук, профессор

**П.Г. Тамбиев**, канд. техн. наук

**О.Г. Хайитов** (Узбекистан), д-р геол.-минерал. наук

**Р.Р. Ходжаев**, д-р техн. наук

**П.А. Цеховой**

**Т.А. Чепуштанова**, PhD

® – статья на правах рекламы

① – информационное сообщение

✍ – статья публикуется в авторской редакции

- 3** Колонка главного редактора
- 4** На «Казцинке» внедряют цифровые решения для безопасности персонала ®
- 6** Методом проб без ошибок.  
Что мы знаем о компании SAEL? ®
- 8** Всем миром: «ЭСАБ» обновляет ассортимент решений для наплавки и восстановления ®
- 10** Место встречи – Средняя Азия ®  
Геотехнология
- 14** *Мусин А.А., \*Матаев А.К. Абеуов Е.А.*  
Анализ методов управления разубоживанием руды при отработке маломощных залежей  
Горные машины
- 20** *\*Akanova G.K., Stolpovskikh I.N., Kolga A.D., Podbolotov S.V.*  
Improvement of the design of turbomachines
- 28** *Исаметова М.Е., \*Абилезова Г.С., Карпеков Р.К., Ткаченко Д.Е.*  
Исследование влияния конструкции центробежного колеса на напорные характеристики многоступенчатого насоса  
Металлургия
- 34** *\*Акбаров М.С., Чернышова О.В., Усольцева Г.А., Акпанбаев Р.С.*  
Влияние технологических параметров на процесс электрохимического растворения сплава олова со свинцом  
Геоэкология
- 41** *\*Муратханов Д.Б., Рахметов И.К.*  
Эколого-гидрогеологическое состояние Торангалыкского залива с проведением гидрохимического опробования  
Страницы истории
- 48** *Байконурова А.О.*  
Вклад академика Байконурова в подготовку технической элиты Казахстана
- 54** *Ракишев Б.Р.*  
Путь О.А. Байконурова от рабочего до академика не всегда был гладким
- 57** *Тәкішев Ә.А.*  
Тау-кен инженері, ғалым, ұстазды еске алу
- 60** В новую инструментальную реальность с MITEX 2022 ①
- 62** Требования к оформлению статей

## КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА



**Марат  
Жакупович  
Битимбаев**  
*главный редактор*

*Дорогие читатели!*

*Уважаемые коллеги!*

Сентябрь для казахстанских горняков, для тех, кто знаком с историей создания и развития горно-металлургического комплекса страны, кому интересно становление горной науки, кто воспринимает специальность горного инженера как концентрированное достижение кадровой политики в стране, конечно же, напомним о знаменательной дате – 110-летию со дня рождения Омирхана Айтмагабетовича Байконурова. Этот человек стоял у истоков создания казахстанской горной науки, которая впоследствии под его чуткой, заботливой отцовской опекой заняла достойное место среди мировых лидеров. В горном деле, обогащательном переделе, металлургии, геологоразведочных работах казахстанские ученые и инженеры были и остаются на передовых позициях, как в бывшем СССР, так и ныне в мировом рейтинге. Такой научный прорыв, начавшийся в начале 50-х годов прошлого столетия, стал возможен, благодаря неустанному целенаправленному творческому труду двух корифеев – исследователей недр Земли – Сатпаева Каныша Имантаевича и Байконурова Омирхана Айтмагабетовича.

Счастливая судьба, предreshенная принятой политикой по созданию научно-производственной школы и воспитанию кадров инженеров и рабочих для освоения подземных кладовых Казахской ССР, способствовала возникновению титанической личности К.И. Сатпаева, который благословил Омирхана Айтмагабетовича из коллектора геологической партии на восхождение к вершинам науки и тернистому пути поисков и открытий.

Сегодня биографию О.А. Байконурова можно преподносить студентам, молодым инженерам на производстве, научным работникам, делающим первые шаги в избранной ими благородной и трудной профессии, как образец служения многогранной профессии и достойный пример для подражания.

В своей службе государству и народу он, будучи рабочим с 1925 г. (в 13-летнем возрасте) по 1930 г., войдя в ряды инженерно-технических работников с 1932 г., став студентом Казахского горно-металлургического института в 1934-1940 гг. и начав свой трудовой путь горняка на шахте №31 в г. Жезказгане, сумел пройти все этапы трудной, полной испытаний дороги, дойдя до той цели, которая требовала от него полной самоотдачи.

Мы, начиная со студентов набора 1950 г. и вплоть до его ухода из жизни в 1980 г., запомнили эти годы, применив в своей трудовой жизни кирпичики знаний, полученные непосредственно от него и от профессорско-преподавательского состава КазГМИ – КазПТИ, который он сформировал. Мы не только обогатились знаниями, но сумели пойти дальше, потому что О.А. Байконуров и его школа научили нас трудиться творчески и видеть в каждом своем техническом и организаторском решении новые возможности сделать итоги своего труда более ценными.

Но всем нам, выпускникам и КазГМИ – КазПТИ – КазНТУ – КазНИТУ, и представителям других вузов, становилось порой не по себе, когда мы знакомились с объемом работы, проделанной О.А. Байконуровым в течение года. Его годовые отчеты были уроком трудолюбия, оценкой возможностей человеческого ума, умением видеть далекие проблемы и скрытые до поры до времени перспективы. Масштабы его деятельности, нагрузки, которые он добровольно брал на себя для решения, поражают воображение. Например, он в течение одного года (и так ежегодно) руководил и принимал непосредственное участие в выполнении шести научных документальных и прикладных тем на основании госбюджетного и хоздоговорного финансирования и одновременно руководил аспирантами и докторантами очного обучения, и соискателями, работающими на кафедре КазПТИ, в ИГД АН КазССР, в Лениногорске, Зырянковске, Кентау, Текели, Экибастузе, Рудном и из союзных республик. Это не мешало ему участвовать в конференциях с докладами, издавать труды, заведовать кафедрой, участвовать в общественной и научно-организационной работе, в пропаганде научных знаний, в оказании практической помощи непосредственно на рабочем месте на рудниках. Объем и значимость такого труда не нуждаются в комментариях.

Нам надо помнить, что при всей неимоверно интенсивной работе он был прекрасным семьянином – мужем и отцом. Семья О.А. Байконурова отличалась необычайным гостеприимством и радушием по отношению не только к близким и родственникам. Все, кто был вхож в семейный круг Омирхана Айтмагабетовича, навсегда запомнили и обильный дастархан, и заботливое отношение хозяев, и разговоры за столом, которые служили сами по себе незабываемыми жизненными уроками. Песни, звучавшие как из уст хозяев, так и гостей, исторические факты из нашего прошлого, рассказы о наших великих предках, которые представляли перед нами простыми людьми, беззаветно любившими свою степь, свой народ – все это навсегда запечатлелось в памяти как характеристика одного человека – О.А. Байконурова.

Сегодня мы можем говорить слова благодарности счастливой судьбе, подарившей всем, кто получил от него уроки справедливости и искренности, праведного образа жизни и неустанного трудолюбия, возможность просто говорить: «Меня благословил своей ласковой и заботливой рукой выдающийся сын моей страны!»

*Нам предстоят впереди счастливые дни пробуждения и расцвета нового Казахстана, и наше активное и результативное участие в этом строительстве явится достойным продолжением дела нашего Учителя!*



## НА «КАЗЦИНКЕ» ВНЕДРЯЮТ ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРСОНАЛА

*На площадке Усть-Каменогорского металлургического комплекса впервые прошел форум «Цифровизация для промышленной безопасности и охраны труда». «Казцинк» одним из первых в стране открыл доступ к цифровым ресурсам для представителей Министерства по чрезвычайным ситуациям, чтобы инспекторы могли следить за безопасностью металлургов и горняков. Крупнейшая компания Восточного Казахстана презентовала ряд новых высокотехнологичных решений.*



Напомним, что в апреле 2022 года «Казцинк» заключил с МЧС РК меморандум о запуске пилотного цифрового проекта «Инспектор промышленной безопасности» на объектах компании. Система позволяет в онлайн-режиме мониторить состояние мероприятий по обеспечению безопасности сотрудников и открывает доступ представителям МЧС к данным о проделанной работе.

Участниками нынешнего Форума стали горняки, металлурги и представители профильных госорганов. Казцинковцы поделились примерами, как «цифра» помогает обезопасить сотрудников и минимизировать риски на производстве. Риддерский горно-обогатительный комплекс рассказал об успешном внедрении системы дистанционного управления самоходными машинами. Отдавать команды транспорту отныне можно через удаленный доступ посредством видеосвязи. Коллеги с ГОК «Алтай» продемонстрировали возможности выдачи и управления электронными нарядами-заданиями через обычный смартфон. Металлурги из Усть-Каменогорска презентовали единую систему управления подрядными организациями: цифровой проект не позволяет попасть на территорию производственных подразделений без должных инструктаж, обучения и проверки.

Высокотехнологичные инициативы по достоинству оценили в Комитете промышленной безопасности МЧС РК.

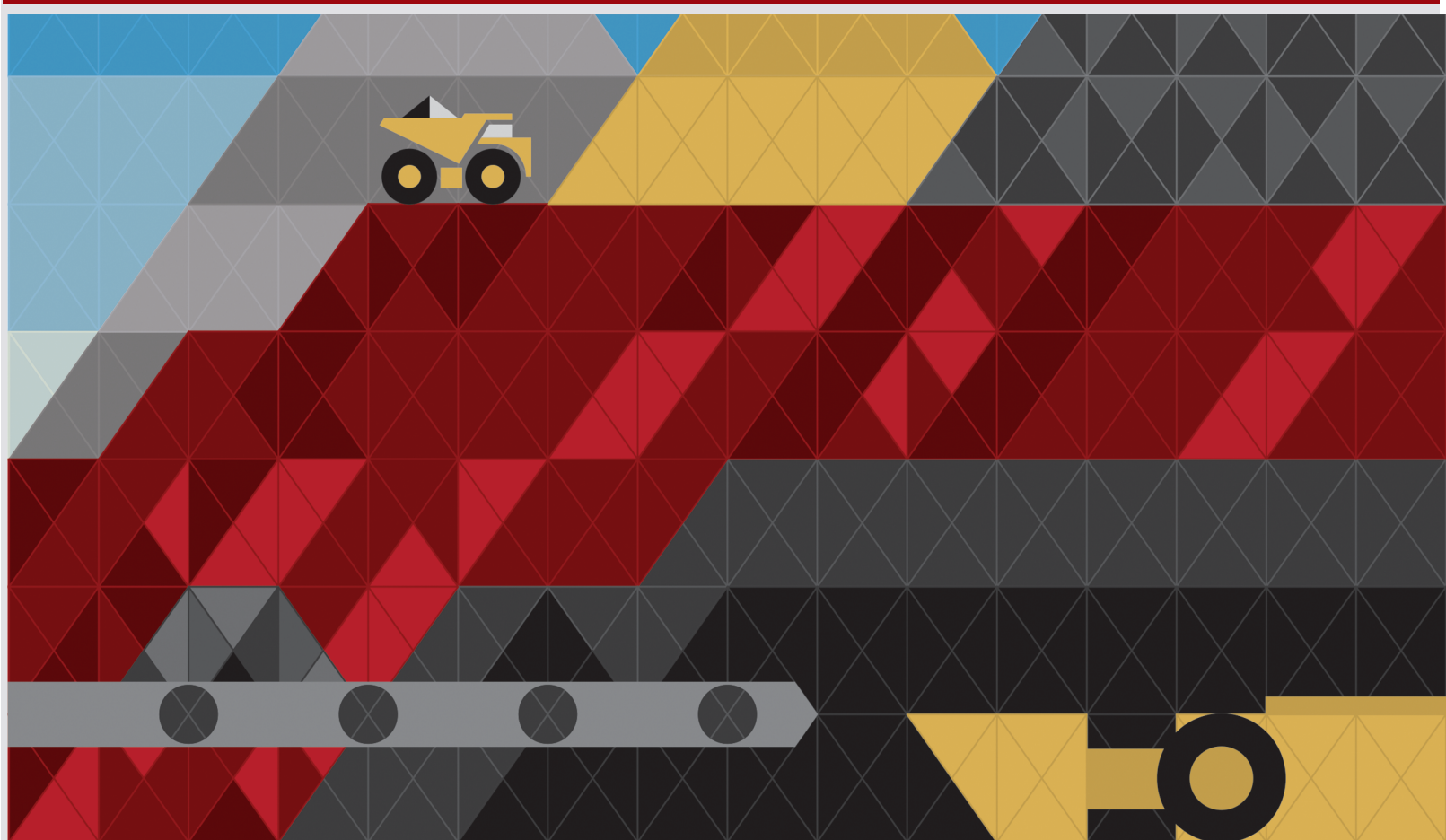
– «Казцинк», как флагман цветной металлургии, всегда проявлял новаторский подход в вопросах безопасности на производстве, – прокомментировали в ходе совещания специалисты КПБ МЧС РК. – Сегодняшнее мероприятие свидетельствует о том, что компания не останавливается на достигнутом, старается предложить наиболее эффективные и современные решения для минимизации рисков для работников.

Сотрудничество в сфере высоких технологий и производственной безопасности отметило и руководство компании.

– Мы никогда не экономим средства на безопасности персонала и применяем наиболее передовые методы в данном направлении, – отмечает генеральный директор «Казцинка» Александр Хмелев. – Кроме того, мы всегда открыты для государственных органов, так как преследуем единую цель – добиться нулевого травматизма на производстве. Совместная работа уже приносит положительные результаты, а сегодняшний семинар лишь подтверждает, что коллеги из самых разных производственных подразделений «Казцинка» готовы делиться друг с другом опытом для новых достижений в сфере промышленной безопасности.



Материалы предоставлены Управлением по связям с общественностью ТОО «Казцинк»



# Рудник Урала – 2022 Екатеринбург

22–24  
ноября

7-я международная выставка современных технологий, оборудования и спецтехники для добычи и обогащения руд и минералов

**стань участником крупнейшего проекта горной тематики на Урале!**

официальная поддержка:



Правительство  
Свердловской области



Торгово-промышленная палата  
Российской Федерации  
В интересах бизнеса, во благо России



PRO  
EXPO

МВЦ «Екатеринбург-ЭКСПО»  
ЭКСПО-бульвар, дом 2  
(342) 264-64-14  
[www.mine.expoperm.ru](http://www.mine.expoperm.ru)



## МЕТОДОМ ПРОБ БЕЗ ОШИБОК ЧТО МЫ ЗНАЕМ О КОМПАНИИ SAEL?

*Как происходит процесс геологического изучения и промышленного освоения недр? Поэтапно и осторожно. Лабораторный анализ геологических проб – это важное звено на всех этапах подобных проектов. Он проводится практически на всех стадиях геологоразведочных работ от поиска месторождения до рекультивации. Уже более 20 лет компания ОсОО «Stewart Assay and Environmental Laboratories» (SAEL) помогает специалистам в области геологии и горного дела увеличивать ресурсы и запасы существующих месторождений, а также находить новые месторождения на территории Средней Азии, Казахстана и России.*

Компания SAEL была основана 26 июня 1996 года как совместное предприятие с британской компанией Alex Stewart (Assayers) Ltd.

Алекс Стюарт – основатель инспекционно-аналитической компании Alex Stewart (Assayers) Ltd. – прошел путь от лаборанта до научного сотрудника Королевского химического института. В 1967 году он стал директором Alfred H. Knight и отвечал за расширение компании по всему миру.

В 1977 году Алекс Стюарт основал собственную компанию Alex Stewart (Assayers) Ltd., которая за эти годы стала одним из мировых лидеров в области пробоотбора, исследования и анализа всех металлов и минералов (золота, серебра, платиноидов, редкоземельных, цветных и черных металлов, ферросплавов, неметаллических минералов и т. д.). Сегодня компания представлена более чем в 40 странах, предоставляет быстрые и комплексные инспекционные, аналитические и лабораторные услуги металлургической и горнодобывающей отраслям промышленности.

### SAEL в Средней Азии

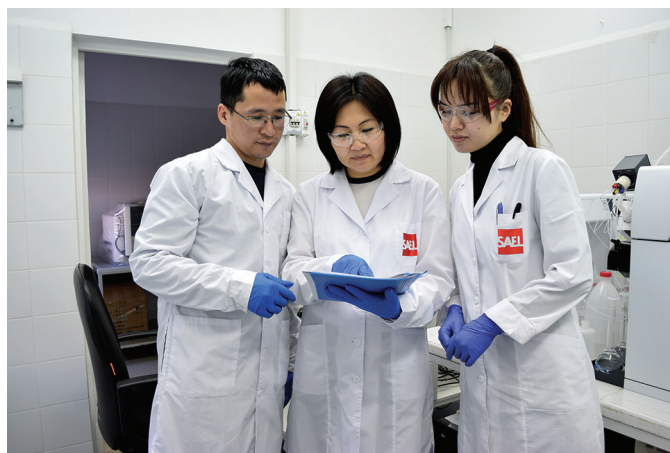
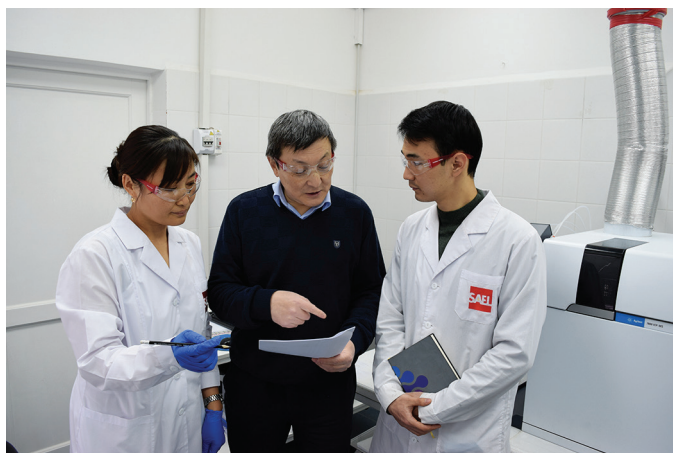
Официальное открытие лаборатории SAEL в Средней Азии состоялось в августе 1997 года в Кыргызстане.

Услуги SAEL в г. Кара-Балта включают геохимический анализ, анализ для подсчета запасов, металлургические исследования, мониторинг окружающей среды и анализ проб при рекультивации рудников, а также инспекционные услуги.

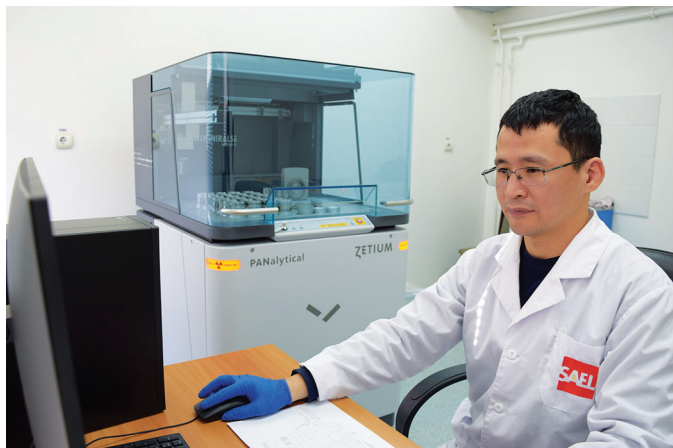
Лаборатория оснащена современным профессиональным оборудованием (спектрометры ICP-OES, ICP-MS, XRF, AAS, газовые и ионные хроматографы, аналитические и ультра-микровесы, анализаторы серы и углерода), которое удовлетворяет самым жестким требованиям промышленности, включая горнодобывающую и металлообработку отрасли. Внедрение в работу SAEL лабораторной информационной менеджмент-системы (LIMS) позволяет в полном объеме реализовать возможности лабораторного потенциала: автоматизировать прием проб, их регистрацию и идентификацию.

Почти за четверть века компании удалось реализовать проекты с крупными горными компаниями, в числе которых ЗАО «Кумтор Голд Компани», KAZ Minerals, ЗАО «Чаарат Заав», АО «Кыргызалтын», ТОО «Казцинк», АО «Алтыналмас», ОсОО «Альянс Алтын», ТОО «Казахстан Минерал», ОсОО «Алтынкен», ТОО «Дюсембай Project», ТОО «Адайкольский редмет» и другие.

**В 2012 году компания ОсОО «Stewart Assay and Environmental Laboratories» была аккредитована на соответствие стандарту ISO 17025 в органе по аккредитации UKAS (Великобритания), а также в 2022 получила аккредитацию по ISO 17020 КСА. Сертификат ISO 17025 подтверждает достоверность результатов и компетентность выполненной работы. Протоколы испытаний и сертификаты могут приниматься в разных странах без необходимости дополнительного тестирования. Стандарт ISO 17020 подтверждает компетентность компании по инспекции, включая отбор проб.**



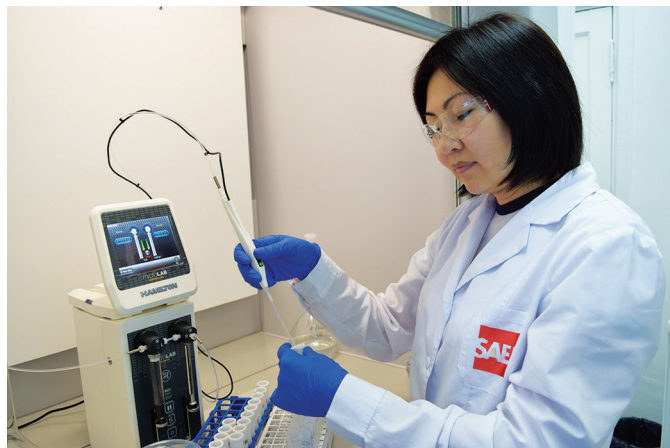
«Лаборатория компании Stewart Assay and Environmental Laboratories LLC, расположенная в г. Кара-Балта Кыргызской Республики, является основной лабораторией, с которой уже много лет работает ЗАО «Кумтор Голд Компани» на договорной основе. Совместно специалисты обеих компаний регулярно пересматривают программу отбора проб и процедуры, совершенствуя их при необходимости».



### Люди, как ценность

За годы работы компания SAEL в Средней Азии сосредоточила в себе лучший кадровый потенциал. Сегодня штат сотрудников насчитывает 170 человек. Среди них – инженеры-химики, гидрохимики, металлурги и другие специалисты промышленной отрасли. В декабре 2021 года состоялось открытие нового лабораторного корпуса пробоподготовки

*«Особая гордость нашей компании – люди! Именно благодаря команде мы смогли стать надежной аналитической лабораторией, которой доверяют лидеры отрасли», – Садыров Октябрин Алымбекович, президент компании ОоО «Stewart Assay and Environmental Laboratories» в Кыргызстане и Щудро Владимир Кузьмич, вице-президент и управляющий директор компании ОоО «Stewart Assay and Environmental Laboratories» в Кыргызстане.*



и пробирного анализа, где на данный момент работает более 20 специалистов. Это дало возможность расширить производственные мощности компании до 500 тыс. проб в год.

В компании развита система наставничества. Сотрудники, работающие в компании более 10 лет, не только совершенствуют свои знания и компетенции, но и делятся опытом с молодыми профессионалами, которые только начинают свой карьерный путь. Кроме этого, на базе лаборатории «Stewart Assay and Environmental Laboratories» проходит обучение студентов высших учебных заведений. Компания активно сотрудничает с Кыргызским национальным университетом им. Ж. Баласагына (КНУ), Кыргызским государственным техническим университетом им. И. Раззакова (КГТУ), Кыргызско-Турецким университетом «Манас», Кыргызским горно-металлургическим институтом и другими высшими учебными заведениями региона.



*«Сотрудничество с высшими учебными заведениями – наш вклад в будущее поколение специалистов, которые придут как в нашу компанию, так и на предприятия заказчиков. Это важная задача, которая стимулирует развитие отрасли в целом, повышает качество и технологичность горных работ», – отмечает Октябрин Алымбекович Садыров, президент компании ОоО «Stewart Assay and Environmental Laboratories» в Кыргызстане.*

## ВСЕМ МИРОМ: «ЭСАБ» ОБНОВЛЯЕТ АССОРТИМЕНТ РЕШЕНИЙ ДЛЯ НАПЛАВКИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ

*Компания «ЭСАБ» – один из мировых лидеров в области производства оборудования и расходных материалов для сварки и резки металлов – представила рынку обновленный ассортимент решений для ремонта и восстановления оборудования.*



В начале 2022 года компания заявила о планах расширения и трансформирования существующего ассортимента оборудования и расходных материалов. Так, на фоне изменения логистических путей усилилось сотрудничество с производствами компании в Индии, Китае, Малайзии, ОАЭ.

### Новинки из Индии

Теперь заказчикам из России и Средней Азии стал доступен весь ассортимент электродов и проволоки для наплавки производства завода EWAC в Индии. Предполагается, что его решения для ремонта и восстановления оборудования обеспечат от 90% до 95% потребности рынка.

Уже знакомым заказчикам решением завода EWAC является высокопроизводительный электрод Nanocarb 110, который в наплавленном слое обеспечивает структуру, представляющую собой железную матрицу, насыщенную комплексными карбидами и боридами. Подойдет он для наплавки упрочняющих слоев, работающих в условиях интенсивного абразивного износа при очень высоких температурах до 750°C.

*EWAC – один из лидеров в области производства материалов наплавки для ремонта критически важных компонентов оборудования. Более 50 лет работы помогает обеспечить партнеров и заказчиков широким спектром экономически эффективных решений для борьбы с износом и продления срока службы промышленной техники.*

Для заказа доступно более тридцати новых решений, которые будут востребованы на металлургических, горнодобывающих, сельскохозяйственных, сервисных предприятиях.

Для наплавки инструмента, предназначенного для захвата горячих деталей и вальцовки нагретого металла подойдут электроды EWAC CP HFD 010 и EWAC CP BF 024. Наплавленными материалами слой сохраняет высокие прочностные свойства при нагреве до 500°C.

Для наплавки гусеничных траков, валов, зубьев литых шестерен, а также деталей дробильно-сортировочного комплекса станут незаменимыми электроды EWAC BU 101, EWAC BU 103.





В наплавке электроды обеспечивают низколегированную мартенситную сталь, предназначенную для упрочняющей и восстановительной наплавки поверхностей, работающих в условиях трения металла о металл.

Горнодобывающим и сервисным предприятиям для наплавки дробильных клещей, брони, роликов дробильных установок, толкающих поверхностей лопаток и корпусов миксеров, зубьев кромок ковшей, лезвий бульдозерных скребок подойдут самозащитные проволоки EWAC O 964, EWAC O 540, EWAC O 564, а также электроды EWAC HF 006 и TriboTuff 6517. Наплавленный металл отличается высокой стойкостью к абразивному износу, высоким температурам, коррозионной стойкостью и стойкостью к трению металла о металл.

### Мировое качество – локальное производство

Кроме этого, компания заявила о старте локального выпуска новой марки электродов T-590 для наплавки деталей, работающих в условиях абразивного износа.

Производство новых электродов было организовано на базе завода «ЭСАБ-СВЭЛ» в Санкт-Петербурге еще несколько лет назад.



Сегодня, после множества исследований и доработки технических характеристик на основе обратной связи от заказчиков, T-590 дополнили линейку наплавочных материалов «ЭСАБ». Новые электроды обладают специальным покрытием, которое обеспечивает исключительные сварочно-технологические характеристики.

Использование наплавочных электродов марки T-590 позволяет получить наплавленный слой, отличающийся стойкостью к абразивному воздействию и умеренным ударным нагрузкам. Также, благодаря возможности сварки на малых токах, происходит минимальное перемешивание электродов с основным металлом. Кроме этого, они обладают отличной износостойкостью; химический состав наплавленного металла соответствует стандарту ГОСТ. Они дают легкое начальное и повторное зажигание дуги даже при использовании бытовых сварочных аппаратов.

Наплавочные электроды T-590 будут наиболее востребованы на предприятиях гражданского строительства, сервисных компаний в области ремонта и восстановления горно-шахтной, сельскохозяйственной техники и оборудования.

Планы запуска новой марки электродов T-590 существовали давно. Это популярное решение, которое наиболее востребовано у сервисных предприятий, где необходим ремонт и восстановление деталей оборудования, подверженных высокому абразивному износу. На протяжении года совместно со своими клиентами сотрудники компании «ЭСАБ» тестировали электроды, дорабатывали формулу на основе обратной связи и снова тестировали. В итоге удалось получить высокое качество продукта, а что самое важное – при изготовлении электродов используется только локальное сырье.

## МЕСТО ВСТРЕЧИ – СРЕДНЯЯ АЗИЯ

*Средняя Азия всегда была и остается инвестиционно привлекательным регионом, популярность которого усиливает текущая геополитическая ситуация. Российские и европейские компании все охотнее и решительнее открывают свои представительства, разворачивают производственные мощности, интересуются деловыми и отраслевыми событиями, чтобы найти новых партнеров и заказчиков. Особой популярностью пользуются Казахстан, Узбекистан, Таджикистан, Киргизия, Туркменистан. О новых возможностях и ответственности промышленного сегмента Средней Азии, роли маркетинга в формировании бизнес-связей и делового климата рассказывает генеральный директор агентства «Marketing from Timchenko» Светлана Тимченко.*

Нельзя сказать, что особое внимание к рынкам Средней Азии – это новый тренд. Например, такие компании как Sandvik Mining and Construction, SSAB, Epiroc, ESAB и другие промышленные исполины работают в этом регионе на протяжении многих десятилетий. Сейчас, в силу определенных обстоятельств, интерес к рынку безусловно возрос даже у тех производителей, которые прежде занимали наблюдательную позицию.

*Агентство Marketing from Timchenko специализируется на индустриальном маркетинге. В числе заказчиков всемирно известные промышленные компании и глобальные производители – лидеры в металлообработке и машиностроении, металлургии и горнодобывающей промышленности, разработке цифровых решений для индустрии.*

*В числе основных услуг компании – разработка маркетинговой стратегии выхода на рынок, разработка позиционирования и продвижение бренда, продукции и услуг, управление репутацией и антикризисные коммуникации, креативные концепции и событийный маркетинг, public relations.*

Мы также выходим на этот рынок в качестве самостоятельной компании, уже в статусе евразийского агентства. Вскоре профессиональные услуги агентства станут доступны не только российским и европейским партнерам, но и игрокам индустриального рынка Средней Азии, которым важно сформировать диалог и укрепить клиентскую лояльность, создать доверительные, прочные и прозрачные взаимоотношения и остаться надежным партнером, независимо от ситуации на рынке.

### **Доверяй, но проверяй**

В странах Центральной Азии, где пословица «Встречают по одежке, провожают по уму» стала буквально визитной карточкой региона, доверительный диалог с клиентами и партнерами является основой стабильности и развития бизнеса в долгосрочной перспективе. Основная задача промышленного маркетинга – сформировать положительный образ компании, обеспечить узнаваемость, чтобы представить свои возможности, завоевать доверие и удерживать лояльность долгие годы.

В своей практике мы часто сталкиваемся со скепсисом в отношении эффективности маркетинговых инструментов. Однако предвзятое отношение

проходит, когда при выходе на новые, недостаточно изученные рынки, планы «по name» производителей и поставщиков так и не воплощаются в жизнь. Это обусловлено тем, что без должных инвестиций в имя, публичность и экспертизу, шансы завоевать доверие серьезных заказчиков крайне невелики.

За годы работы с крупнейшими промышленными производителями и лидерами в своих отраслях мы накопили большой опыт и обладаем высоким уровнем компетенций, знаний и нетворкинга, чтобы помочь создать образ компании, представить ее на рынке, сформировать экспертизу и, в итоге, получить лояльность потенциальных заказчиков, выстроить стабильный, процветающий и прибыльный бизнес.

### **Будет тесно**

Маркетинг понадобится не только молодым и амбициозным игрокам. Приток в Среднюю Азию новых производителей – это большое испытание, как для давно работающих на этом рынке зарубежных компаний, так и локальных торговых марок. Отдельные глобальные производители, которые прежде не проявляли большого интереса к региону, могут составить серьезную конкуренцию местным компаниям.

У промышленного рынка Средней Азии есть свои правила, устои и уникальный колорит. При общем сходстве каждая страна имеет свои особенности и индустриальное лицо, которые мы всегда учитываем в работе и формировании стратегии продвижения. Сохраняя

*Экспертиза агентства подтверждена многолетним сотрудничеством с ведущими международными индустриальными производителями глобального уровня.*



традиции и инновации в неразрывном единстве, перенимая опыт европейских коллег, локальным компаниям удастся сохранить и расширить свои позиции на рынке.

В этом случае важно не только создать убедительный образ, сформировать промышленное портфолио, но и регулярно поддерживать связь со своими заказчиками, оставаться в поле зрения, выстроить омниканальную коммуникацию.

**Компания SSAB.** «Нашим первым проектом с агентством стала коммуникационная поддержка участия SSAB в выставке «Уголь России и Майнинг – 2019». Стояла задача проинформировать рынок о новинках компании, ключевых продуктах для добывающей отрасли и привлечь внимание к стенду компании... Агентство помогло с генерацией информационного повода, подготовкой контента и полностью взяло на себя взаимодействие с отраслевыми СМИ. Marketing from Timchenko – это креативные работающие решения, полная интеграция в работу компании, профессиональный консалтинг».

**Чуприн А.Н.**  
Директор по продажам  
«ССАБ Шведская Сталь СНГ»

**Компания ESAB.** «За годы совместной работы разработанная агентством «Маркетинг от Тимченко» стратегия была реализована и показала свою эффективность. Одним из ярчайших примеров стала работа с прессой. Уже за первый год работы ESAB вырвался в лидеры по количеству упоминаний в сравнении с конкурентами, за следующие 2 года стал ключевым ньюсмейкером отрасли. Креативный подход сотрудников агентства также помог нам значительно улучшить рекламную продукцию нашей компании – от разработки дизайн-концепции рекламных модулей до корпоративной сувенирной продукции.»

**Нужный А.С.**  
Генеральный директор  
ESAB

### Строим диалог

Век цифровизации несет новые вызовы и сулит захватывающие перспективы. Внедрение цифровых технологий позволило существенно снизить издержки, связанные с поиском, обменом и хранением информации, а также расширить информационное поле людей и предприятий. О цифровизации промышленной отрасли впервые упомянул американский ученый-информатик Николас Негропonte в своей книге Being Digital (Быть цифровым). С помощью массовой обработки данных компании из разных отраслей промышленности получили возможность оптимизировать производственные процессы, в точности рассчитывать формулы, анализировать конкурентов, и, как следствие, увеличивать свой доход.



**Светлана Тимченко** родилась и выросла в городе Ленинске Кзыл-Ординской области Республики Казахстан (в то время КазССР).

Имеет более 25 лет опыта работы в промышленном и B2B маркетинге крупнейших глобальных и российских производственных компаний: в TNT Express, МТС Россия, Sandvik Mining and Construction (Россия и СНГ), ГК «ФИНВАЛ».

С 2016 г. является генеральным директором и идейным вдохновителем агентства «Маркетинг от Тимченко», основная специализация которого промышленный маркетинг, вывод на рынок и продвижение индустриальных компаний.

Однако, как бы стремительно ни развивался окружающий мир, важность межличностных отношений остается неизменной.

Промышленную отрасль можно сравнить с огромной «сценой», где каждый год появляются новые яркие игроки, а те компании, которые находятся за кулисами, отходят на второй план. И, казалось бы, даже самый лояльный клиент может отдать предпочтение компании-конкуренту, которая систематически поддерживает связь со своими заказчиками и рынком.

Средняя Азия обладает большим потенциалом, который предстоит раскрыть и развить нам вместе, старым аксакалам рынка и новым, только пришедшим на рынок компаниям. Сформировать свой личный курс, воспользоваться возможностями, найти новых партнеров,

*По данным бюро национальной статистики АСПР РК объем импорта в Республику Казахстан по итогам 2021г. составил 41 млрд 173,8 млн долларов, что на 5,8% больше, чем в 2020г. Показатели прошлого года стали максимальными за последние семь лет. На основную долю (40,6%) импорта приходятся машины, оборудование, транспорт и другая техника. Вклад продукции химической отрасли в общий импорт составил 16,2% (максимум за 4 года); продуктов и продовольствия – 11,8% (максимум за 5 лет).*

заказчиков и выстроить не просто компанию, а бренд, который сможет конкурировать с мировыми производителями – просто, но не без компетентного проводника.

#### **Ученье – свет**

Чтобы оставаться конкурентоспособным, необходимо уделять внимание не только качеству продукции и услуг, но и обучению сотрудников. Для тех, кто пока не понимает всей роли маркетинга, хочет узнать больше о его возможностях или расширить знания лучшими европейскими и российскими практиками, мы разрабатываем авторские программы и курсы обучения персонала внутри компаний и холдингов, занимаемся подготовкой и переподготовкой маркетологов для промышленных и индустриальных компаний.

В 2020 году в рамках сотрудничества с АО «СУЭК» мы провели серию обучающих семинаров для

специалистов коммерческого отдела. Во время обучения сотрудники компании изучили основы маркетинга, концепцию «4P», структурировали и актуализировали знания, а также получили качественный «post-production» после цикла обучения.

С агентством «Маркетинг от Тимченко» компании не только формируют бренд, которому доверяют, но и совершенствуют свои знания о том, как сохранять и эффективно управлять торговой маркой, приумножая стоимость компании.

*«Компания АО «СУЭК» выражает благодарность агентству «Маркетинг от Тимченко» за проведение серии обучающих семинаров для специалистов по маркетингу сервисных предприятий. В рамках программы сотрудниками компании были рассмотрены методика продаж, деловое общение и корпоративная культура, эффективное маркетинговое и бизнес-планирование, которые закрепились практическими занятиями, основанными на реальных примерах и особенностях работы на предприятиях компании. Сегодня сотрудники АО «СУЭК» успешно внедряют полученные знания в текущую работу предприятия, что значительно увеличило скорость и эффективность решения задач».*

**Артемьев В.Б.**

*Заместитель генерального директора –  
Директор по производственным операциям  
АО «СУЭК»*





Marketing  
from  
Timchenko

Агентство по работе  
с маркетинговым  
нигилизмом

+7 (495) 699-01-24  
communication@stimchenko.com  
www.stimchenko.ru



## Меняем суть привычных вещей!

Маркетинговая и коммуникационная стратегии | Разработка фирменного стиля  
Управление репутацией | Дизайн и полиграфия | Работа со СМИ | Консалтинг

Код МРНТИ 52.31.47

А.А. Мусин, \*А.К. Матаев, Е.А. Абеуов

*Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова»  
(г. Караганда, Казахстан)*

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ РАЗУБОЖИВАНИЕМ РУДЫ ПРИ ОТРАБОТКЕ МАЛОМОЩНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию разубоживания руды. Выполнен подробный анализ существующих методов управления разубоживанием руды при отработке маломощных рудных тел системами с открытым очистным пространством. Оценена эффективность их использования в различных горно-геологических условиях. Особое внимание было обращено на результаты зарубежных исследователей. Проанализированы методы, способствующие снизить разубоживание руды при разработке маломощных залежей. Маломощные рудные тела, как правило, имеют сложную структуру с возможными раздувами и пережимами. При отработке маломощных рудных залежей системой поэтажного обрушения с торцевым выпуском руды вероятность снижения содержания полезного ископаемого увеличивается.

**Ключевые слова:** разубоживание, маломощные руды, буровзрывные работы, тросовое крепление, выработанное пространство, очистная камера, система разработки, свойства массива, рейтинг массива.

### Қуаты аз шоғырларды өңдеу кезінде кенді құнарсыздандыруды басқару әдістерін талдау

**Аңдатпа.** Ғылыми мақала кенді құнарсыздандыруды зерттеуге арналған. Шолу мақаласында қуаты аз кен денелерін ашық тазарту кеңістігі бар жүйелермен өңдеу кезінде кенді құнарсыздандыруды басқарудың қолданыстағы әдістеріне егжей-тегжейлі талдау жасалды, оларды әртүрлі тау-геологиялық жағдайларда пайдалану тиімділігі бағаланды. Авторлар шетелдік зерттеушілердің нәтижелеріне ерекше назар аударды. Төмен қуатты кен орындарын игеру кезінде кеннің құнарсыздануын азайтуға ықпал ететін әдістер талданды. Төмен қуатты кен денелері, әдетте, мүмкін болатын ісіну мен қысылу бар күрделі құрылымға ие. Төмен қуатты кен шоғырларын қабатты құлау жүйесімен кеннің соңғы шығарылуымен өңдеу кезінде пайдалы қазба құрамының төмендеу ықтималдығы артады.

**Түйінді сөздер:** құнарландыру, аз қуатты кендер, бұрғылау-жару жұмыстары, кабельді бекіту, өндірілген кеңістік, тазарту камерасы, өңдеу жүйесі, массивтің қасиеттері, массивтің рейтингі.

### Analysis of methods for managing ore dilution during mining of low-power deposits

**Abstract.** In the review article, a detailed analysis of existing methods for controlling ore dilution during the development of low-power ore bodies by systems with an open treatment space is carried out, the effectiveness of their use in various mining and geological conditions is evaluated. The scientific article is devoted to the study of ore dilution. Special attention was paid by the authors to the results of foreign researchers. The methods contributing to the reduction of ore dilution during the development of low-power deposits are analyzed. Low-power ore bodies, as a rule, have a complex structure with possible inflations and clamps. When working off low-power ore deposits with a system of a sub-storey collapse with an end release of ore, the probability of a decrease in the mineral content increases. For example, the actual dilution of ore at the Akbakai deposit of Altynalmas JSC reaches 70% or more.

**Key words:** mineral resources, dilution, low-power ores, drilling and blasting, cable fastenings, worked-out space, cleaning chamber, development system, properties of the array, rating of the array.

### Введение

Разубоживание руды приводит к потере качества полезных ископаемых в процессе добычи, выражающегося в снижении содержания полезного компонента в добытой минеральной массе по сравнению с содержанием его в разрабатываемом месторождении. Маломощные рудные тела, как правило, имеют сложную структуру с возможными раздувами и пережимами. Эти особенности маломощных рудных залежей приводят к высоким показателям потерь и разубоживания, которые могут достигать 70% и более. В табл. 1 приведены примеры показателей некоторых золотодобывающих рудников при разработке маломощных рудных тел.

Показатель разубоживания руды в маломощных рудных залежах зависит от системы разработки, структурных и прочностных свойств массива, воздействия силы взрыва на вмещающие породы, поддержания выработанного пространства

тросовым креплением, напряженно-деформированного состояния массива, мощности и падения рудного тела. К примеру, фактическое разубоживание руды на месторождении Акбакай АО «АК Алтыналмас» – 50% и более, о чем свидетельствует поперечный разрез фактического положения очистного пространства, представленный на рис. 1, где видно, что при мощности рудной жилы 0,7 м фактическая выемочная мощность составляет 2,4–2,7 м, следовательно, разубоживание в процентном отношении составляет около 70%.

Для более детального анализа показателей разубоживания был построен график по данным маркшейдерской съемки очистного пространства на ранее отработанных поэтажных штреках горизонтов 400–520 м. Результаты анализа приведены на рис. 2.

На сегодняшний день практически на всех маломощных месторождениях разубоживание руды является нерешенной проблемой.

Последствия разубоживания приводят к увеличению расходов на транспортировку и переработку руды, соответственно, увеличивается себестоимость полезного ископаемого. Таким образом, проблема разубоживания руды при отработке маломощных крутопадающих рудных тел системой поэтажного обрушения является актуальной научно-практической задачей как для исследователей, так и для производителей.

### Искусственное поддержание выработанного пространства с применением тросового крепления

На зарубежных рудниках Австралии (MMG Limited Dugald River) и Новой Зеландии (OceanaGold Waihi) в целях снижения сверхпланового разубоживания руды для поддержания висячего и лежащего боков широко применяется тросовое крепление. Зарубежные исследователи [1] доказывают эффективность применения тросового крепления для

управления разубоживанием руды при системах с открытым очистным пространством<sup>1</sup>.

Авторы работ [2, 3] утверждают, что при соблюдении технологии крепления тросовые анкеры являются эффективным способом для управления разубоживанием руды при отработке маломощных рудных залежей системами разработки с открытым очистным пространством.

Авторами работы [4] установлено, что на руднике Copper Cliff Mine (Канада) тросовые анкеры применимы лишь для временного поддержания выработанного пространства, а после, в ходе добычных работ, всяческие бока необходимо дополнительно поддерживать обратной засыпкой.

Зарубежные исследователи [5] представили обзор того, как и где можно использовать кабельные болты для поддержки, укрепления или удержания горной массы вокруг большинства выработок в подземной шахте.

Взяв за основу результаты зарубежных исследователей, можно предположить, что тросовое крепление является одним из наиболее эффективных методов для снижения разубоживания руды при подземной добыче маломощных залежей системой поэтажного обрушения.

**Методики расчета допустимых параметров очистных камер и целиков**

В мировой практике для обоснования оптимальных параметров очистных камер и целиков широко используются эмпирические методики Д. Лобшера и К. Мэтьюза. Методика Д. Лобшера [6] основана на расчете рейтинга устойчивости массива по MRMR и ориентирована на определение параметров камер и целиков системы этажного самообрушения.

Для обоснования параметров очистных камер и целиков при отработке маломощных залежей системой поэтажного обрушения более применима методика К. Мэтьюза, основанная на анализе и обобщении практических данных о фактическом состоянии отработанных камер.

Таблица 1

*Показатели разубоживания на некоторых рудниках, обрабатывающих маломощные рудные тела*

Кесте 1

*Жұқа рудаларды өндіретін кейбір кеніштердегі кедейшілік деңгейі*

Table 1

*Impoverishment rates at some mines mining thin ore bodies*

Название рудника	Мощность рудного тела, м	Ширина очистного пространства, м	Разубоживание руды, %
Copper Cliff Mine (Канада)	1,24	3,13	62,6
Dugald River (Австралия)	2,15	4,23	47,0
Жолымбет (Казахстан)	1,55	6,15	74,7
Акбакай (Казахстан)	1,0	2,85	64,9
Шаумян (Армения)	0,7	2,05	60,9
Краков (Австралия)	1,0	2,18	54,1

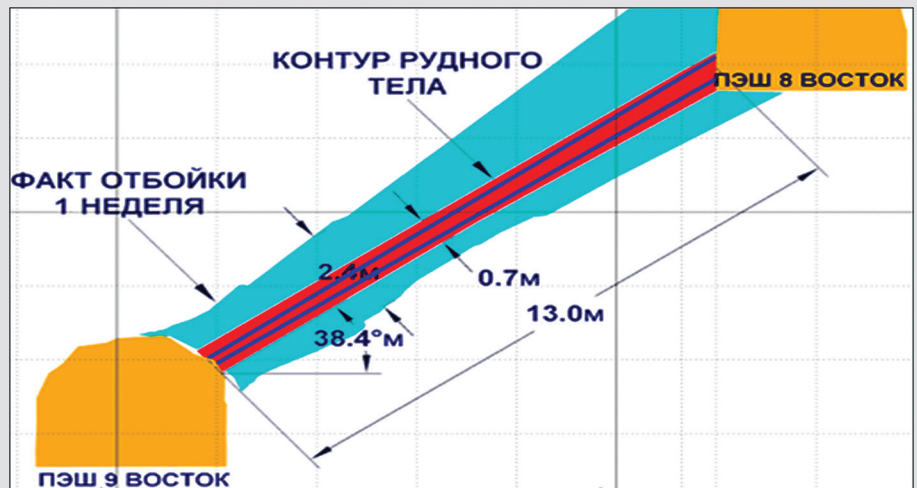


Рис. 1. Поперечный разрез фактического положения очистного пространства.

Сурет 1. Тазарту кеңістігінің нақты жағдайының көлденең қимасы.

Figure 1. Cross section of the actual position of the cleaning space.

Исследованиями [5] установлена закономерность определения исходных данных, необходимых для расчета показателя устойчивости обнажений N.

С.Д. Никсон<sup>1</sup> в своих работах по определению параметров канатных анкеров для поддержания выработанного пространства и Б. Брэди<sup>2</sup> в целях обоснования оптимальных параметров опорных целиков широко использовали график стабильности Мэтьюза К.

По результатам анализа литературных источников выявлено, что

расчет параметров очистных камер и целиков по методике К. Мэтьюза является оптимальным для маломощных рудных тел, соответственно, по данной методике будет осуществляться обоснование допустимых параметров очистных камер и целиков при отработке маломощных залежей системой поэтажного обрушения.

Для определения исходных данных требуется выполнение комплекса геомеханических исследований по определению структурных, прочностных и деформационных свойств горных пород.

<sup>1</sup>Nickson S.D. Cable support guidelines for underground hard rock mine operations. – Vancouver: University of British Columbia, 1992. – 223 p.

<sup>2</sup>Brady H.G., Brown E.T. Rock Mechanics: For underground mining. – NY: Springer Science & Business Media, 1985. – 628 p.

### Влияние буровзрывных работ на устойчивость вмещающих пород

Анализ и обобщение литературных данных позволили оценить, что более 90% горных пород при добыче отделяются от массива путем взрывного разрушения и, несмотря на большой объем теоретических и экспериментальных исследований [7, 8], эффективное управление действием взрыва недостаточно изучено, т. к. на сегодняшний день отсутствует методика для расчета параметров БВР с учетом структурных, прочностных и деформационных свойств массива горных пород и действующих в массиве главных напряжений. Поэтому проблема повышения устойчивости законтурного массива весьма актуальна и ее решение базируется на усовершенствовании способов управления энергией взрыва, в основу которых положены достоверные физические представления о процессах разрушения горных пород взрывом.

Разрушение взрывом сплошных напряженных сред и выявление его закономерностей являются предметом исследований многих ученых. Значительный вклад в исследование процессов разрушения горных пород, формирования и распространения волн напряжений в массиве горных пород при взрыве зарядов взрывчатых веществ внесли В.В. Адушкин, В.А. Боровиков, И.Ф. Жариков, В.Ф. Клочков, Г.М. Крюков, Б.Н. Кутузов, В.Н. Родионов, М.Г. Менжулин, В.А. Фокин, Е.И. Шемякин, А.Н. Ханукаев, Р.Е. Андреев, С. J. Brown, G.O. Thomas, P. Erion, A. Algest [9, 10].

Несмотря на большой объем выполненных работ и достигнутые успехи в научных исследованиях по оценке влияния напряженного состояния массива на результирующее действие взрыва, существуют различные мнения исследователей, и до настоящего времени нет окончательного научно-обоснованного подхода к определению рациональных параметров БВР при проходке очистных выработок.

Повышение эффективности буровзрывных работ с учетом изложенных факторов является важной

в практическом и научном плане задачей, решение которой позволит снизить затраты на единицу добываемого полезного ископаемого.

Существующие методы выбора параметров буровзрывных работ не полностью учитывают действующие в массиве главные напряжения, структурные и прочностные свойства горных пород.

На золоторудном месторождении Краков (Австралия) для отработки маломощных рудных тел применяется схема бурения, представленная на рис. 3.

Данный способ взрывания осуществляется бурением параллельных

глубоких скважин глубиной 15 м с линией наименьшего сопротивления, равной 0,6, и диаметром бурения 64 мм. Способ взрывания селективный, т. е. с определенными замедлениями для снижения влияния силы взрыва на законтурный массив горных пород.

Разубоживание руды при данной схеме бурения составляет 50% и более. Также на данном руднике применяется так называемая схема «зигзаг». Принцип данной схемы заключается в бурении взрывных скважин зигзагом на контакте руды с породой висячего и лежащего бока.

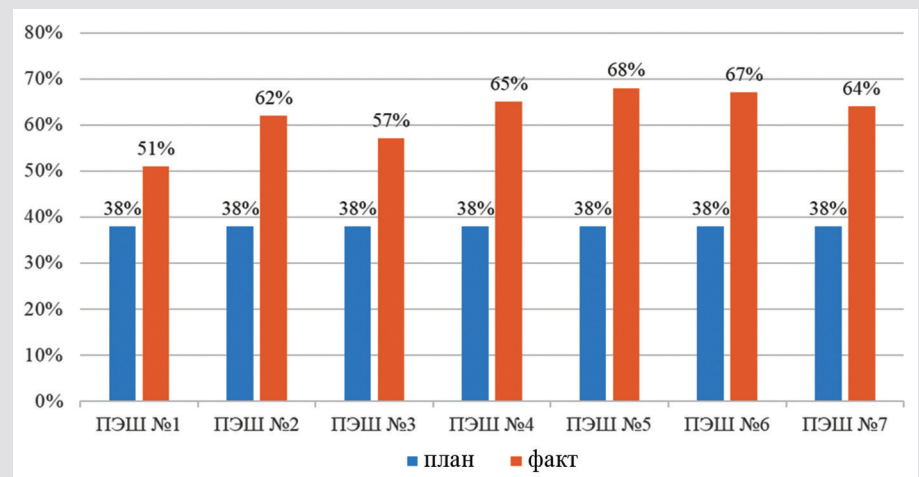


Рис. 2. Сравнительный анализ план-факта разубоживания руды.

Сурет 2. Кенді құнарсыздандырудың жоспар-фактісінің салыстырмалы талдауы.

Figure 2. Comparative analysis of the plan-fact of ore dilution.



Рис. 3. Схема бурения маломощных рудных тел.

Сурет 3. Қуаты аз кен денелерін бұрғылау схемасы.

Figure 3. Drilling scheme of low-power ore bodies.



## Выводы

▪ выполнен анализ существующих методов, способствующих минимизации разубоживания руды при отработке маломощных рудных залежей, что позволило определить основные способы, применяемые для снижения разубоживания добываемого полезного компонента;

▪ анализ литературных источников и практических исследований показал, что при обосновании параметров ведения горных работ не учитываются природные поля напряжений, действующие в массиве, допустимые параметры очистных камер, структурные и прочностные свойства массива горных пород;

▪ выявлено, что на сегодняшний день нет обоснованного подхода, позволяющего снизить разубоживания руды при отработке маломощных жил;

▪ предположено, что выбор параметров бурения должен осуществляться в зависимости от рейтинга устойчивости массива горных пород.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Barton N.R., Lien R., Lunde J. Инженерная классификация сочлененных массивов горных пород для проектирования крепи туннеля. // *Механика горных пород.* – 1974. – Т. 6. – С. 189-236 (на английском языке)
2. Stephenson R.M., Sandy M.P. Оптимизация конструкции очистных забоев и наземной крепи – тематическое исследование. // *Материалы 7-го международного симпозиума по наземной крепи в горнодобывающей промышленности и подземном строительстве.* – Перт, 2013. – С. 387-400 (на английском языке)
3. Hassell R., de Vries R., Player J. et al. Пробная очистка реки Дугалд, общее поведение подвесной стены. // *Материалы международного семинара по методам проектирования в подземной добыче полезных ископаемых.* – Перт, 2015. – С. 185-198 (на английском языке)
4. Chinnasane D.R., Knutson M., Watt A. Использование кабельных болтов для усиления подвесных столбов и улучшения извлечения руды при разработке очистных забоев с использованием двойных верхних порогов на руднике Vale Copper Cliff. // *Материалы 7-й международной конференции по глубоким и высоконапряженным горным работам.* – Перт, 2014. – С. 305-314 (на английском языке)
5. Hutchinson D.J., Falmagne V. Наблюдательное проектирование подземных систем крепления кабельных болтов с использованием контрольно-измерительных приборов. // *Вестник инженерной геологии и окружающей среды.* – 2000. – Т. 58. – №3. – С. 0227-0241 (на английском языке)
6. Laubscher D.H. Система классификации геомеханики для оценки массы горных пород при проектировании шахт. // *Журнал Южноафриканского института горного дела и металлургии.* – 1990. – Т. 90(10). – С. 257-273 (на английском языке)
7. Brown C., Thomas G. Экспериментальные исследования воспламенения и перехода к детонации, вызванных отражением и дифракцией ударных волн // *Ударные волны.* – 2000. – Т. 10(1). – С. 23-32 (на английском языке)
8. Адушкин В.В., Будков А.М., Кочарян Г.Г. Особенности формирования зоны разрушения взрыва в массиве скальных пород. // *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых.* – 2007. – №3. – С. 65-76 (на русском языке)
9. Tmashev A.Zh., Sudarikov A.E., Musin A.A. и др. Повышение показателей качества взрывных работ путем изучения естественного поля напряжений и влияния силы взрыва на горную массу // *Известия НАН РК.* – 2021. – № 4. – С. 30-35 (на английском языке)
10. Имашев А.Ж., Сударииков А.Е., Матаев А.К. Повышение эффективности буровзрывных работ с учетом структурных и прочностных свойств массива. // *Горный журнал Казахстана.* – Алматы, 2020. – №8. – С. 29-32 (на русском языке)

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Barton N.R., Lien R., Lunde J. Туннель бекітпесін жобалау үшін тау жыныстарының біріккен массивтерін инженерлік жіктеу. // *Тау жыныстарының механикасы.* – 1974. – Т. 6. – Б. 189-236 (ағылшын тілінде)
2. Stephenson R.M., Sandy M.P. Тазарту забойларының дизайнын оңтайландыру және жердегі қолдау – кейс-стадия. // *Тау-кен және жерасты инженериясындағы жер үсті қолдауы бойынша 7-ші халықаралық симпозиум материалдары.* – Перт, 2013. – Б. 387-400 (ағылшын тілінде)

3. *Hassell R., de Vries R., Player J. және т.б. Дугалд өзенін сынау, аспалы қабырғаның жалпы әрекеті. // Жерасты тау-кен жұмыстарын жобалау әдістері бойынша халықаралық семинар материалдары. – Перт, 2015. – Б. 185-198 (ағылшын тілінде)*
4. *Chinnasane D.R., Knutson M., Watt A. Аспалы тіректерді нығайту және Vale Copper cliff. // Терең және жоғары кернеулі тау-кен жұмыстары бойынша 7-ші халықаралық конференция материалдары. – Перт, 2014. – Б. 305-314 (ағылшын тілінде)*
5. *Hutchinson D.J., Falmagne V. Бақылау-өлшеу құралдарын қолдана отырып, кабельдік болттарды бекітудің жер асты жүйелерін бақылау дизайны. // Инженерлік геология және қоршаған орта хабаршысы. – 2000. – Т. 58. – №3. – Б. 0227-0241 (ағылшын тілінде)*
6. *Laubscher D.H. Шахталарды жобалау кезінде тау жыныстарының массасын бағалауға арналған геомеханиканы жіктеу жүйесі. // Оңтүстік Африка тау-кен және металлургия институтының журналы. – 1990. – Т. 90 (10). – Б. 257-273 (ағылшын тілінде)*
7. *Brown C., Thomas G. Соққы толқындарының шағылысуы мен дифракциясынан туындаған тұтану мен жарылысқа ауысуды эксперименттік зерттеу. // Соққы толқындары. – 2000. – Т. 10(1). – Б. 23-32 (ағылшын тілінде)*
8. *Адушкин В.В., Будков А.М., Кочарян Г.Г. Тау жыныстарының массивінде жарылғыш бұзылу аймағын қалыптастыру ерекшеліктері. // Тау-кен ісінің физика-техникалық мәселелері. – 2007. – №3. – Б. 65-76 (орыс тілінде)*
9. *Imashev A.Zh., Sudarikov A.E., Musin A.A. және т. б. Табиғи кернеу өрісін және жарылыс күшінің тау массасына әсерін зерттеу арқылы жарылыс жұмыстарының сапа көрсеткіштерін арттыру. // ҚР ҰҒА жаңалықтары. – 2021. – № 4. – Б. 30-35 (ағылшын тілінде)*
10. *Имашев А.Ж., Сударииков А.Е., Матаев А.К. массивтің құрылымдық-беріктік қасиеттерін ескере отырып, бұрғылау-жару жұмыстарының тиімділігін арттыру. // Қазақстанның тау-кен журналы. – Алматы, 2020. – №8. – Б. 29-32 (орыс тілінде)*

## REFERENCES

1. *Barton N.R., Lien R., Lunde J. Engineering classification of jointed rock masses for the design of tunnel support. // Rock Mechanics. – 1974. – Vol. 6. – P. 189-236 (in English)*
2. *Stephenson R.M., Sandy M.P. Optimising stope design and ground support – a case study. // Proceedings of the 7th international symposium on ground support in mining and underground construction. – Perth, 2013. – P. 387-400 (in English)*
3. *Hassell R., de Vries R., Player J., et al. Dugald river trial stoping, overall hanging wall behavior. // Proceedings of the international seminar on design methods in underground mining. – Perth, 2015. – P. 185-198 (in English)*
4. *Chinnasane D.R., Knutson M., Watt A. Use of cable bolts to reinforce the hanging pillars and improve the ore recovery when stopes are mined using double top sills at Vale's Copper Cliff Mine. // Proceedings of the 7th international conference on deep and high stress mining. – Perth, 2014. – P. 305-314 (in English)*
5. *Hutchinson D.J., Falmagne V. Observational design of underground cable bolt support systems utilizing instrumentation. // Bulletin of Engineering Geology and the Environment. – 2000. – Vol. 58. – №3. – P. 0227-0241 (in English)*
6. *Laubscher D.H. A geomechanics classification system for the rating of rock mass in mine design. // Journal of the southern african institute of mining and metallurgy. – 1990. – Vol. 90(10). – P. 257-273 (in English)*
7. *Brown C., Thomas G. Experimental studies of ignition and transition to detonation induced by the reflection and diffraction of shock waves. // Shock Waves. – 2000. – Vol. 10(1). – P. 23-32 (in English)*
8. *Adushkin V.V., Budkov A.M., Kocharyan G.G. Peculiarities of the formation of the explosion destruction zone in the rock massif. // Physical and technical problems of mining. – 2007. – №3. – P. 65-76 (in Russian)*
9. *Imashev A.Zh., Sudarikov A.E., Musin A.A. et al. Improving the quality of blasting indicators by studying the natural stress field and the impact of the blast force on the rock mass. // News of NAS RK. – 2021. – №4. – P. 30-35 (in English)*

10. *Imashev A.Zh., Sudarikov A.E., Ataev A.K. Improving the efficiency of drilling and blasting operations taking into account the structural and strength properties of the massif. // Mining Journal of Kazakhstan. – Almaty, 2020. – №8. – P. 29-32 (in Russian)*

**Сведения об авторах:**

**Мусин А.А.**, магистр техн. наук, старший преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), *musin\_aibek@mail.ru*; <http://orcid.org/0000-0001-6318-9056>

**Матаев А.К.**, магистр техн. наук, преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), *mataev.azamat@mail.ru*; <http://orcid.org/0000-0001-9033-8002>

**Абеуов Е.А.**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), *erkebulan69@mail.ru*; <http://orcid.org/0000-0002-6420-565X>

**Авторлар туралы мәлімет:**

**Мусин А.А.**, техника ғылымдарының магистрі, «Абылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы қазбалар кенорындарын игеру» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Матаев А.К.**, техника ғылымдарының магистрі, «Абылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы қазбалар кенорындарын игеру» кафедрасының оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Абеуов Е.А.**, техника ғылымдарының кандидаты, «Абылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы қазбалар кенорындарын игеру» кафедрасының доценті (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Information about the authors:**

**Musin A.A.**, Master of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

**Matayev A.K.**, Master of Technical Sciences, Lecturer at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

**Abeuov Ye.A.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

*Статья публикуется в рамках грантового финансирования исследований молодых ученых по проекту Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан «Жас ғалым» на 2022-2024 годы, ИРН – AP14972951*



## ОТКРЫТА ПОДПИСКА

КАЗПОЧТА ЕВРАЗИЯ ПРЕСС ЭВРИКА-ПРЕСС

Подписной индекс 75807

Заявка на главной странице сайта [MINMAG.KZ](http://MINMAG.KZ)

Следите за новостями!

 [minmag.kz](http://minmag.kz)

 [@minmag.kz](https://www.instagram.com/minmag.kz)

 +7 747 343 15 02

 [post-dts@yandex.kz](mailto:post-dts@yandex.kz)

050026, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Карасай батыра, 146, оф. 401



Код МРНТИ 52.01.83:52.13.31

\*G.K. Akanova<sup>1</sup>, I.N. Stolpovskikh<sup>1</sup>, A.D. Kolga<sup>2</sup>, S.V. Podbolotov<sup>3</sup><sup>1</sup>Satbayev University (Almaty, Kazakhstan),<sup>2</sup>Yekaterinburg State Agrarian University (Yekaterinburg, Russia),<sup>3</sup>Magnitogorsk State Technical University named after G. I. Nosova (Magnitogorsk, Russia)

## IMPROVEMENT OF THE DESIGN OF TURBOMACHINES

**Abstract.** The purpose of the research is: the study of hydraulic losses in pumping units during pumping and transportation of liquids, development of constructive and technological solutions to improve the energy efficiency of centrifugal pumps. The study used theoretical and experimental analyzes of hydraulic losses during the transportation of liquids. Centrifugal pumps operating with incompressible fluid flows are a type of hydraulic turbomachines. Increasing the efficiency of centrifugal pumps is one of the goals that are solved in this article by coaxial arrangement of the impellers in the flow part of the pump. Based on the results of calculations and experimental studies to substantiate the proposed design and technical solutions, establish rational operating modes and determine hydraulic losses with coaxial impellers, it has been established that, compared with existing schemes for the axial arrangement of impellers, the energy efficiency of centrifugal pumps increases by 23%, pressure-flow characteristics increase.

**Key words:** turbomachine, modification, centrifugal pump, flow part, hydraulic losses, constructive-technological scheme, coaxial arrangement of impellers, flow characteristic, pumping, transportation.

### Турбомашиналардың қызметін жетілдіру

**Аннотация.** Зерттеудің мақсаты: сұйықтықтарды айдау және тасымалдау кезіндегі сорғы қондырғыларындағы гидравликалық ысыраптарды зерттеу, ортадан тепкіш сорғылардың энергия тиімділігін арттыру бойынша конструктивті және технологиялық шешімдерді әзірлеу. Зерттеу барысында сұйықтықтарды тасымалдау кезіндегі гидравликалық ысыраптардың теориялық және тәжірибелік талдаулары қолданылды. Сығылмайтын сұйықтық ағындарымен жұмыс істейтін ортадан тепкіш сорғылар гидравликалық турбомашиналардың бір түрі болып табылады. Ортадан тепкіш сорғылардың тиімділігін арттыру осы мақалада сораптың ағындық бөлігіндегі дөңгелектерді коаксиалды орналастыру арқылы шешілетін мақсаттардың бірі болып табылады. Ұсынылған жобалық-техникалық шешімдерді негіздеу, ұтымды жұмыс режимдерін орнату және жұмыс доңғалақтарының коаксиалды орналасуымен гидравликалық ысыраптарды анықтау үшін жүргізілген есептеулер мен тәжірибелік зерттеулердің нәтижелері бойынша жұмыс доңғалақтарының осьтік орналасуының белгілі схемаларымен салыстырғанда, орталықтан тепкіш сорғылардың энергия тиімділігі 23%-ға артады, ал қысым – ағындық сипаттамалары артады.

**Түйінді сөздер:** гидротранспорттық жүйелер, орталықтан тепкіш сорап, гидравликалық ысыраптар, құрылымдық-технологиялық схема, жұмыс доңғалақтарының коаксиалды орналасуы, қысым-ағынының сипаттамасы.

### Совершенствование конструкции турбомашин

**Аннотация.** Целью исследований являются: исследование гидравлических потерь в насосных установках при откачке и транспортировании жидкостей; разработка конструктивно-технологических решений по повышению энергоэффективности центробежных насосов. При исследовании использовались теоретический и экспериментальный анализы гидравлических потерь при транспортировке жидкостей. Центробежные насосы, работающие с несжимаемыми потоками текучего, являются разновидностью гидравлических турбомашин. Повышение эффективности центробежных насосов входит в число целей, которые решаются в данной статье, путем соосного расположения рабочих колес в проточной части насоса. По результатам выполненных расчетов и экспериментальных исследований по обоснованию предложенных конструктивно-технических решений, установлению рациональных режимов работы и определению гидравлических потерь при соосном расположении рабочих колес установлено, что по сравнению с существующими схемами осевого расположения рабочих колес энергоэффективность работы центробежных насосов увеличивается на 23%, напорно-расходные характеристики возрастают.

**Ключевые слова:** турбомашинa, модификация, центробежный насос, проточная часть, гидравлические потери, конструктивно-технологическая схема, соосное расположение рабочих колес, напорно-расходная характеристика.

### Introduction

A promising direction in the modernization of pump designs is to improve the geometry of the impeller, since both the efficiency of the pump and the hydrodynamic loads on the rotor of the hydraulic machine depend on the nature of the fluid flow in the flow path of the impeller of the pump.

Pumping units are part of the majority of transport and technological systems of the mining, metallurgical and oil refining industries. According to expert estimates, 20-25% of the world's electricity consumption is accounted for by pumping equipment, and in some industries this figure can reach 50%. The level of development of industries currently requires constant modernization of pumping equipment: improving its design and manufacturing technology, as well as improving energy efficiency and global competitiveness. In this regard, the problem of improving the energy efficiency of pumps should be considered not just as a priority, but as a national one.

In the transportation of energy carriers and various working media, centrifugal pumps are widely used, which in this article are considered as an object of research and design.

A promising direction in the modernization of pump designs is to improve the geometry of the impeller, since

both the efficiency of the pump (its energy efficiency) and the hydrodynamic loads on the rotor of the hydraulic machine (the service life of the pump) depend on the nature of the fluid flow in the flow path of the pump impeller.

The wear of the impellers, in turn, causes significant vibration stresses transmitted to the support units of the pumping unit – bearings, the service life of which is sharply reduced and leads to a decrease in efficiency [1].

The existence of these shortcomings is largely due to the design of the installations, namely the presence of elements with high values of hydraulic losses.

Increasing the efficiency of the use of renewable energy sources and the use of existing potential are among the goals that are being addressed in the field of sustainable development. In the case study in Iran, dual regulation is the most efficient scheme with an efficiency of 0.4037, but the mechanical scheme has the greatest potential with 0.4230. The results showed that, compared to using average head and head values for pump selection, optimization can improve efficiency by up to 20%. but the mechanical design had the most potential with 0.4230. The results showed that, compared to using average head and head values for pump selection, optimization can increase efficiency by up to 20% [2].

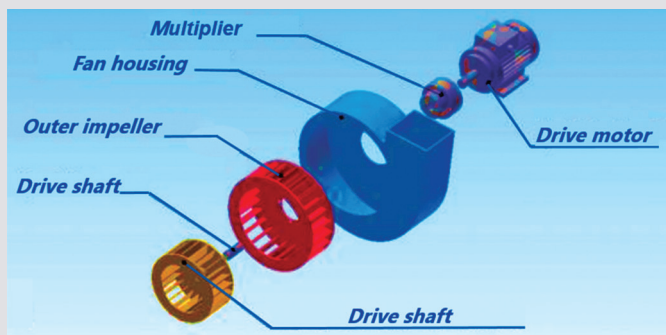
## Research methods

Methods for optimizing the flow parts of centrifugal pumps can be classified according to various criteria. First of all, they can be divided on the basis of human involvement in the process of evaluating the results of calculations and choosing the direction of the next optimization step, i.e. to intuitive methods and methods using formal mathematical algorithms.

Comprehensive optimization of the flow part of pumps makes it possible to take into account the mutual influence of individual elements of the flow part on each other. This is especially important when evaluating non-stationary effects, for example, vibroacoustic properties. However, complex optimization requires large material resources<sup>1</sup>.

One of the promising directions in the study of pump operation can be attributed to the work devoted to modeling non-stationary flows in centrifugal pumps<sup>1</sup> [3], which provides a formalized approach to optimizing centrifugal pumps, taking into account the turbulence of the fluid flow caused by the rotation of the impellers in a fixed casing.

The study used theoretical and experimental analyzes of hydraulic losses during the transportation of liquids.



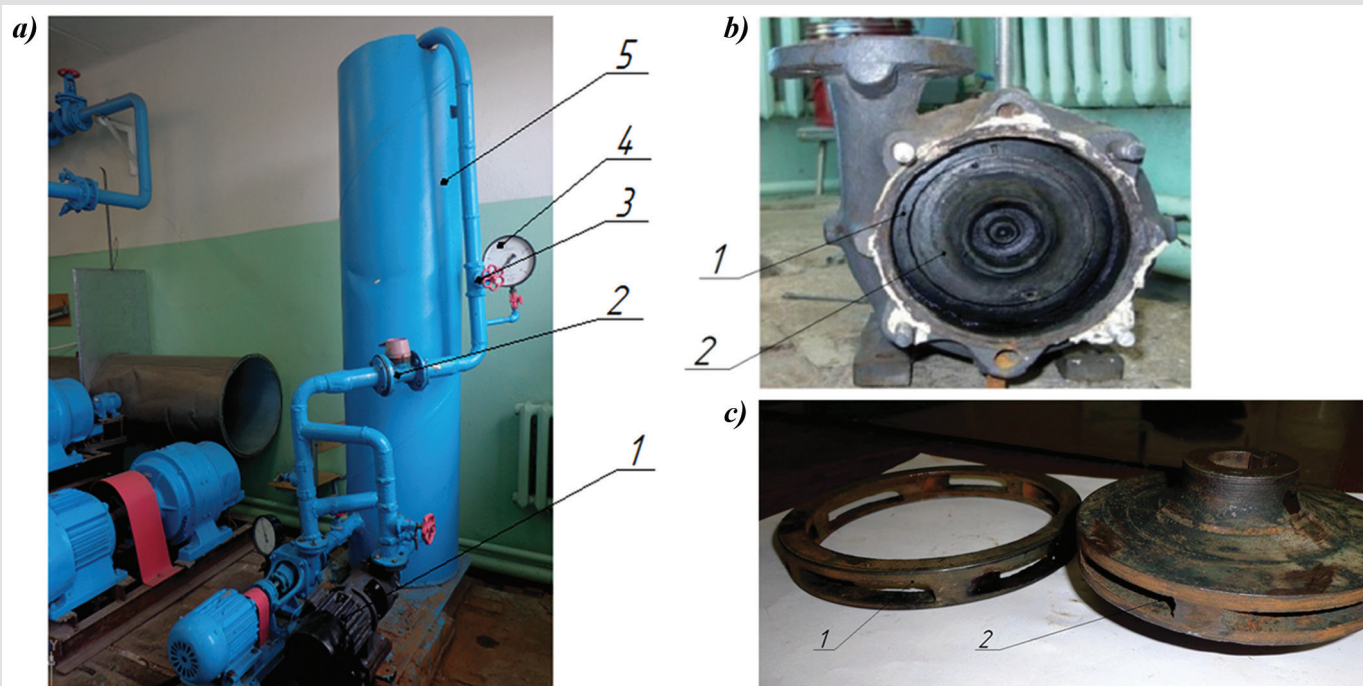
**Figure 1. Centrifugal turbomachine with coaxial impellers.**

**Сурет 1. Коаксиалды дөңгелектері бар центрифугалық турбомашина.**

**Рис. 1. Центробежная турбомашина с коаксиальным расположением рабочих колес.**

To achieve the set goals, it was necessary to solve the following tasks:

- study of the process of energy exchange in the interblade space of centrifugal superchargers, taking



- a – appearance of the experimental setup;  
 b – structural elements of impellers of a centrifugal pump with a coaxial arrangement of impellers;  
 c – arrangement of impellers in the pump housing;  
 1 – centrifugal pump 1XM-2-2V; 2 – flow meter; 3 – control valve; 4 – flow meter; 5 – storage tank;  
 6 – waiting for wheel rotation; 7 – outer wolf wheel

**Figure 2. Appearance of the experimental setup and structural elements of a centrifugal pump with a coaxial arrangement of impellers.**

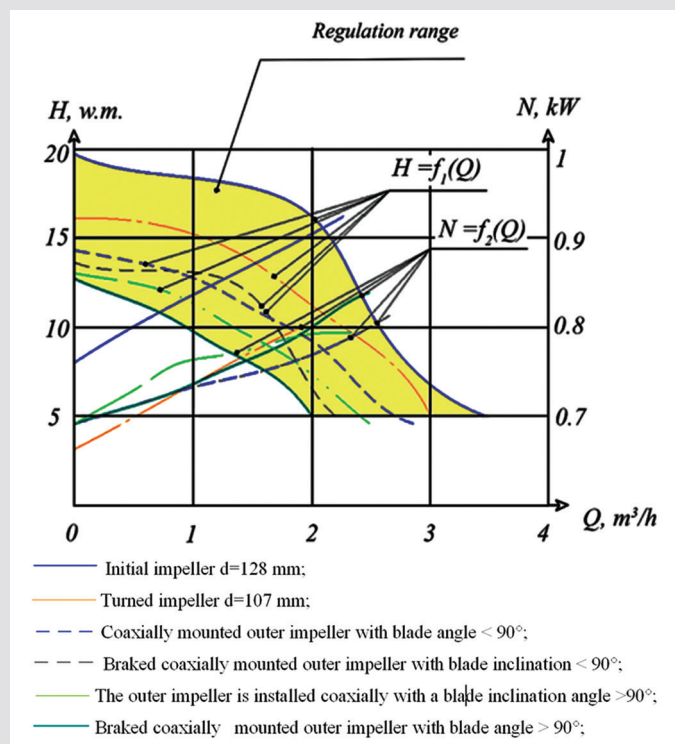
**Сурет 2. Дөңгелектерінің коаксиалды орналасуы бар орталықтан тепкіш сорғының тәжірибелік қондырғысының және құрылымдық элементтерінің сыртқы түрі.**

**Рис. 2. Внешний вид экспериментальной установки и элементы конструкции центробежного насоса с соосным расположением рабочих колес.**

<sup>1</sup>Lomakin V.O. Development of a method for optimal design of the diverter of an oil main pump. / Abstract of the dissertation. – St. Petersburg State Polytechnic University, 2012. – 21 p. (in Russian)

into account known mathematical models and theories describing the movement of a fluid flow;

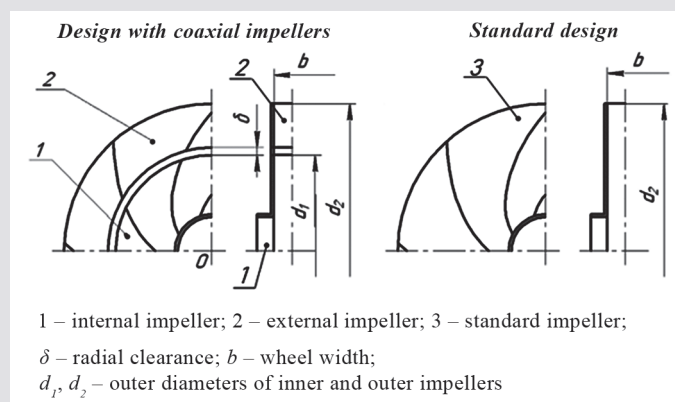
- analysis of existing criteria for selecting the geometric parameters of centrifugal superchargers;
- development of a methodology for determining rational operating modes and design geometric parameters of centrifugal superchargers with coaxial arrangement



**Figure 3. Pressure-flow  $H = f_1(Q)$  and power  $N = f_2(Q)$  characteristics of a centrifugal pump with coaxial impellers.**

**Сурет 3. Коаксиалды донғалақтары бар ортадан тепкіш сораптың қысым ағыны  $H = f_1(Q)$  және қуат  $N = f_2(Q)$  сипаттамалары.**

**Рис. 3. Напорно-расходные  $H = f_1(Q)$  и мощностные  $N = f_2(Q)$  характеристики центробежного насоса с соосным расположением рабочих колес.**



**Figure 4. Centrifugal pump.**  
**Сурет 4. Ортадан тепкіш сорап.**  
**Рис. 4. Центробежный насос.**

of impellers, taking into account the specifics of their operation in mining conditions [4].

#### Theoretical and experimental studies

The improvement of modern designs of axial centrifugal turbomachines follows the path of further increasing the power density while simultaneously tightening the requirements for energy efficiency, reliability and service life. Along with the search for ways to improve the forms of execution of these machines, the search for methods for their calculation does not stop, first of all, the calculation of characteristics that express the patterns of change in parameters from the design and mode of operation. However, the analysis of the operation of existing designs of turbomachines still reveals shortcomings, the presence of which is unacceptable in modern production conditions. These shortcomings are expressed in the form of a narrow range of effective operation, reduced energy efficiency in off-design modes and low hydraulic efficiency<sup>2</sup>.

The existence of these shortcomings is largely due to the design of turbomachines, namely the presence of elements with high values of hydraulic losses. Such elements include transfer channels of multistage designs of centrifugal turbomachines. The share of hydraulic losses in these elements is about 50% [5].

Improvement of the characteristics of known designs of multistage centrifugal turbomachines by existing methods is possible only in a small range. The expansion of the range of effective operation of turbomachines becomes possible as a result of the development of an alternative scheme for the movement of a flow flowing from stage to stage without the use of transfer channel systems [5].

One of the most rational solutions as this alternative could be a centrifugal turbomachine with a coaxial arrangement of impellers.

A centrifugal turbomachine with a coaxial arrangement of impellers means such a design in which one impeller is coaxially located inside the other (Figure 1).

Losses in the flow path of a centrifugal pump with coaxial impellers can be divided into four categories: volumetric, disc friction, hydraulic and hydraulic braking losses. In the design (rational) mode, there are usually no losses of hydraulic braking, and the total efficiency can be determined based on the ratio:

$$\eta = \eta_h \times \eta_v \times \eta_d, \quad (1)$$

where  $\eta_h = (H)/H_t$  – hydraulic efficiency ( $H$  – the obtained value of the head;  $H_t$  – theoretical pressure);

$\eta_v = Q/(Q+q_l)$  – volumetric efficiency ( $q_l$  – leakage through the front seal of the impeller;  $Q$  – is the flow rate of the fluid);

$\eta_d = 1 - N_d/N$  – mechanical efficiency ( $N_d$  – total power losses due to disk friction;  $N$  – is the power consumption).

Based on the design features of the coaxial arrangement of the impellers (Fig. 5), namely, the identity of the total dimensions of the coaxially located impellers to the dimensions of the impeller of a standard design, the values of volumetric and mechanical efficiency will remain unchanged. Only hydraulic efficiency and corresponding hydraulic losses are subject to consideration [6].

<sup>2</sup>Lomakin V.O. Development of an integrated method for calculating the flow parts of centrifugal pumps with parameter optimization. // Abstract of the Dissertation of the Doctor of Technical Sciences. – Moscow, 2018. – 32 p. (in Russian)

Hydraulic losses in the flow path of a centrifugal pump can be represented as:

$$\Sigma h = h_s + h_i + h_{tap} = (\xi_s \times V_{11}^2 / 2g) + (\xi_i \times W_{11}^2 / 2g) + (\xi_{tap} \times U_{11}^2 / 2g), \quad (2)$$

where  $h_s, h_i, h_{tap}$  – are losses in the inlet, impeller and outlet;  
 $V_{11}, W_{11}, U_{11}$  – characteristic speeds in the elements of the flow part of the centrifugal supercharger;  
 $\xi_s, \xi_i, \xi_{tap}$  – coefficient of local hydraulic losses in the inlet, impeller and outlet;  
 $g$  – is the free fall acceleration.

Due to the fact that the absolute speed of the fluid flow entering the impeller blades is approximately equal to the relative speed of the fluid flow, when calculating the hydraulic losses in the flow path of a centrifugal pump, the losses in this element can be neglected.

The increment of energy (energy exchange) of a moving flow flowing on coaxially located impellers becomes possible due to a change in the circumferential components of the absolute inlet and outlet velocities, i.e. when twisting or untwisting the flow passing through it by the impeller. The value of energy exchange between

the blades of the turbomachine and the fluid flow in this case is expressed by the value of the theoretical pressure (pressure). The value of the latter is found from the well-known Euler equation:

$$H = 1/g(u_2 c_{u_2} \pm u_1 c_{u_1}), \quad (3)$$

where  $u_1, u_2$  – are the circumferential speed at the inlet and outlet;  
 $c_{u_1}, c_{u_2}$  – are the tangential components of the absolute velocity at the inlet and outlet.

The components of this equation, in turn, are determined by the geometric dimensions of the impellers (diameter, width, outlet angle of inclination of the blades) and operating parameters (direction and speed of rotation of the impellers) [6].

According to equation (3), a change in the values of one of the parameters leads to a proportional change in the value of the developed pressure (head).

At the first stage of research, the influence of regime parameters (the direction of rotation of the impellers and the value of their circumferential rotation speeds) was considered.

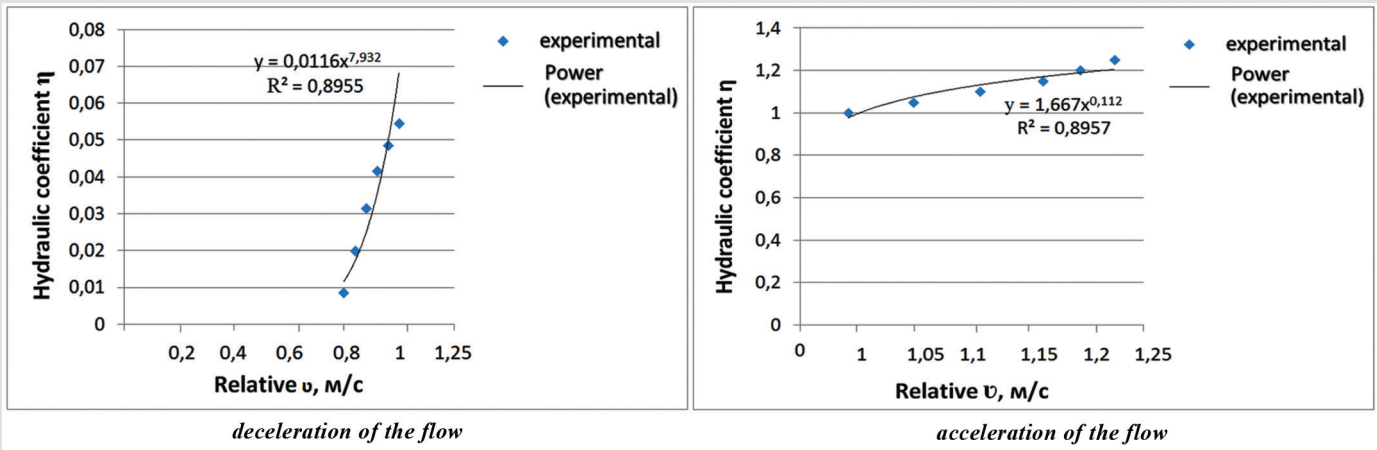


Figure 5. Dependences of energy losses in the impeller, depending on the relative flow velocity of the outer stage. Сурет 5. Сыртқы сатының салыстырмалы ағынының жылдамдығына байланысты жұмыс дөңгелегіндегі энергия шығынының тәуелділіктері.

Рис. 5. Зависимости потерь энергии в рабочем колесе в зависимости от относительной скорости движения потока наружной ступени.

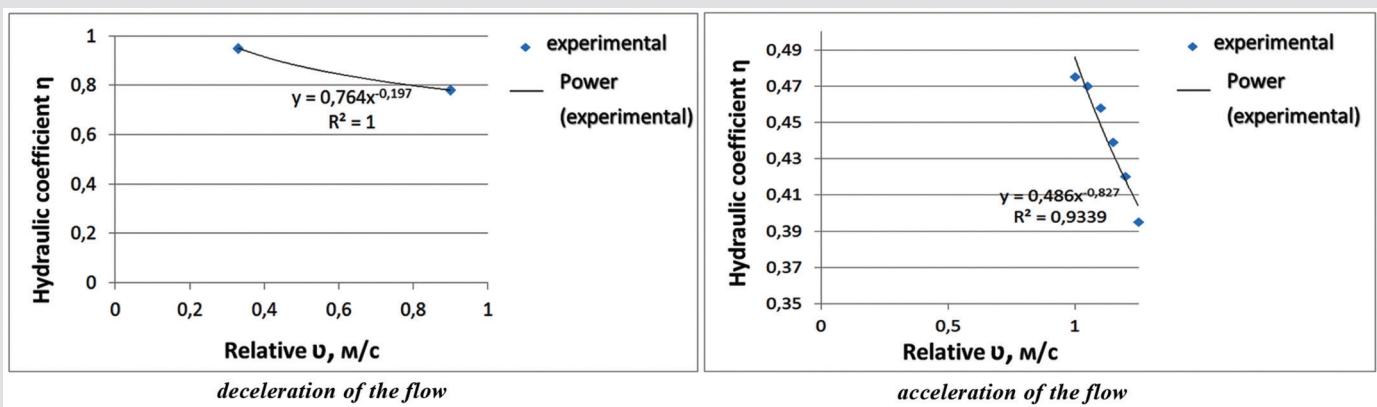


Figure 6. Dependences of losses on the transition of the fluid from stage to stage, depending on the relative flow velocity of the outer stage.

Сурет 6. Сыртқы сатының салыстырмалы ағынының жылдамдығына байланысты сұйықтықтың сатыдан сатыға өтуіне ысыраптардың тәуелділіктері.

Рис. 6. Зависимости потерь от перехода текучего от внутренней к внешней ступени в зависимости от относительной скорости движения потока наружной ступени.

During the study, 2 options for the operation of the installation were analyzed:

- rotation of wheels in one direction;
- rotation of the wheels in the opposite (opposite) direction.

In order to confirm the results of theoretical studies, laboratory experiments were carried out.

The equipment for experimental studies of a two-stage centrifugal pump with a coaxial (coaxial) arrangement of impellers, made on the basis of a monoblock pump 1XM-2-2v, is shown in Figure 2.

#### The discussion of the results

As a result of the experimental studies, it was found that the change in the head pressure of a centrifugal pump with coaxial impellers was 28% of the maximum value (from 1.3 kg/cm<sup>2</sup> to 1.8 kg/cm<sup>2</sup>), the change in the flow rate was 42% (from 2 to 3.5 m<sup>3</sup>/s), without significant changes in the power characteristics, and, consequently, the power consumption.

Graphic pressure-flow and power characteristics of a centrifugal pump with a coaxial arrangement of impellers are shown in Figure 3 [7].

A diagram of the design of the impellers of a two-stage centrifugal pump and a standard design impeller are shown in Figure 4 [7].

An increase in the number of steps leads to an increase in ns, but this method is not optimal in all cases. Due to the narrowness of the channels in a low-speed pump, the flow of the working fluid is significantly affected by the boundary layer, which makes standard calculation methods incorrect, and also limits the operating range of viscosities of the fluid pumped by the pump. Thanks to the methods of hydrodynamic modeling, it is possible to calculate the parameters of fluid flow in hydraulic machines with great accuracy. This significantly speeds up the pump design

procedure and allows you to select the optimal parameters without a large number of full-scale tests. Low-speed pumps are used in low-power installations (various thermal stabilization systems), where the efficiency value is not a determining parameter [8].

Based on the experimentally established dependences of hydraulic losses in the structural elements of a centrifugal pump with coaxially mounted impellers, hydraulic losses were calculated for the most effective design and operating parameters in the elements listed below:

#### Outer impeller:

- energy losses in the impeller depending on the deceleration (Figure 5a) or acceleration of the fluid flow (Figure 5b) with a change in the relative velocity at the inlet to the outer stage of the impeller, show a decrease in losses during deceleration and an increase in losses during flow acceleration and have the following form;

- losses from the transition of the fluid flow from the inner stage of the impeller to the outer one (Figure 6 a, b) show a decrease in losses with an increase in the relative flow velocity from the outer to the inner stage, and have the following form.

#### Conclusion

The main result of the research performed is reasonable recommendations for design and technological solutions for the modernization of the flow path of centrifugal pumps, by coaxial arrangement of the impellers, providing an increase in energy efficiency and trouble-free operation of pumping units. At the same time, it was experimentally established that in superchargers with a coaxial arrangement of impellers with the same weight and size dimensions, compared with the existing axial arrangement of impellers of centrifugal pumps, hydraulic losses are reduced by 23%, and pressure and flow characteristics increase: in terms of pressure by 28%, in terms of flow – up to 42%, the increase in efficiency is 2-3.9%.

#### REFERENCES

1. Shuang J., Fusheng N., Ting L. *Research on the multi-loop control system for swing process of cutter suction dredger*. // «ACM International conference proceeding series»: 4th International conference on automation, control and robotics engineering. – 2019 – №43. – P. 1-6 (in English)
2. Kandi A., Moghimi M., Tahani M., Houreh, S.D. *Optimization of pump selection for running as turbine and performance analysis within the regulation schemes*. // Energy. – 2020. – №217. – P. 119402 (in English)
3. Xiao-Qi Jia, Bao-Ling Cui, Zu-Chao Zhu, Yu-Liang Zhang. *Experimental investigation of pressure fluctuations on inner wall of a centrifugal pump*. – 2019. – №36(4). – P. 401-410 (in English)
4. Ukhin B.V. *Effect of variation in the diameter of a centrifugal dredge impeller on its characteristics*. // Power technology and engineering. – 2017. – №41(1). – P. 8-13 (in English)
5. Podbolotov S.V., Kolga A.D. *Vliyaniye rezhimnykh parametrov na davleniye, razvivayemoye tsentrobezhnoy turbomashinoy s koaksialnym raspolozheniyem rabochikh koles [Influence of operating parameters on the pressure developed by a centrifugal turbomachine with a coaxial arrangement of impellers]*. // Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova = Bulletin of the Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov. – 2017. – №1. – P. 81-85 (in Russian)



6. Grigoriev S.V., Savin L.A., Shakhbanov R.M. *Obosnovanie vozmozhnostej povysheniya energeticheskikh harakteristik centrobeznyh nasosov [Substantiation of the possibilities of improving the energy characteristics of centrifugal pumps]. // Izvestiya TulGU = News of TulSU. – 2015. – №7(2). – P. 122-126 (in Russian)*
7. Podbolotov S.V., Kolga A.D. *Matematicheskoye i eksperimentalnoye modelirovaniye rezhimov raboty tsentrobezhnoy turbomashiny s koaksialnym raspolozheniyem rabochikh koles [Mathematical and experimental modeling of operating modes of a centrifugal turbomachine with a coaxial arrangement of impellers]. // Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta = Proceedings of the Ural State Mining University. – 2018. – №1. – P. 80-84 (in Russian)*
8. Pestryakov A.N., Kolga A.D., Filatov A.M. *Vozmozhnosti ispol'zovaniya gidroklapanov 2/2 [Possibilities of using hydraulic valves 2/2]. // Sbornik trudov XVIII mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoy konferencii «Chteniya pamyati V.R. Kubacheka», provedennoj v ramkax Ural'skoj gornopromyshlennoj dekady = Proceedings of the XVIII International Scientific and Technical Conference «Readings in memory of V.R. Kubachek», held within the framework of the Ural Mining Decade. – Yekaterinburg, 2020. – P. 63-66 (in Russian)*

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Shuang J., Fusheng N., Ting L. *Кескіш сорғыштың бұралу процесіне арналған көп циклді басқару жүйесі бойынша зерттеулер // «АСМ халықаралық конференциясының материалдар жинағы»: 4-ші Халықаралық автоматтандыру, басқару және робототехника инженериясы бойынша конференция. – 2019. – №43. – Б. 1-6 (ағылшын тілінде)*
2. Kandi A., Moghimi M., Tahani M., Houreh S.D. *Турбина ретінде жұмыс істеу үшін сорғыны таңдауды оңтайландыру және реттеу схемалары аясында өнімділікті талдау. // Энергия. – 2020. – №217. – Б. 119402 (ағылшын тілінде)*
3. Xiao-Qi Jia, Bao-Ling Cui, Zu-Chao Zhu, Yu-Liang Zhang. *Ортадан тепкіш сорғының ішкі қабырғасындағы қысымның ауытқуын эксперименттік зерттеу. – 2019. – №36(4). – Б. 401-410 (ағылшын тілінде)*
4. Ukhin V.V. *Ортадан тепкіш экскаватордың жұмыс дөңгелегінің диаметрін өзгертудің оның сипаттамаларына әсері. // Энергетика және инженерия. – 2017. – №41(1). – Б. 8-13 (ағылшын тілінде)*
5. Подболотов С.В., Кольга А.Д. *Доңғалақтардың коаксиалды орналасуы бар орталықтан тепкіш турбомашинаны жасаған қысымға режим параметрлерінің әсері. // Г.И. Носов атындағы Магнитогорск мемлекеттік техникалық университетінің хабаршысы. – 2017. – №1. – Б. 81-85 (орыс тілінде)*
6. Григорьев С.В., Савин Л.А., Шахбанов Р.М. *Ортадан тепкіш сорғылардың энергетикалық сипаттамаларын жақсарту мүмкіндіктерін негіздеу. // Известия ТулГУ. – 2015. – №7(2). – Б. 122-126 (орыс тілінде)*
7. Подболотов С.В., Кольга А.Д. *Доңғалақтардың коаксиалды орналасуымен орталықтан тепкіш турбомашинаның жұмыс режимдерін математикалық-эксперименттік модельдеу. // Орал мемлекеттік тау-кен университетінің еңбектері. – 2018. – №1. – Б. 80-84 (орыс тілінде)*
8. Пестряков А.Н., Кольга А.Д., Филатов А.М. *Гидравликалық клапандарды пайдалану мүмкіндіктері 2/2. // Орал тау-кен өнеркәсібі онкүндігі аясында өткен «В.Р. Кубачекті еске алу оқулары»: XVIII Халықаралық ғылыми-техникалық конференциясының еңбектер жинағы. – Екатеринбург, 2020. – Б. 63-66 (орыс тілінде)*

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Shuang J., Fusheng N., Ting L. *Исследование многоконтурной системы управления процессом поворота землесосного снаряда. // «Серия материалов международной конференции АСМ»: 4-я Международная конференция по автоматизации, управлению и робототехнике. – 2019. – №43. – С. 1-6 (на английском языке)*
2. Kandi A., Moghimi M., Tahani M., Houreh S.D. *Оптимизация выбора насоса для работы в качестве турбины и анализ производительности в схемах регулирования. // Энергетика. – 2020. – №217. – С. 119402 (на английском языке)*
3. Xiao-Qi Jia, Bao-Ling Cui, Zu-Chao Zhu and Yu-Liang Zhang. *Экспериментальное исследование пульсаций давления на внутренней стенке центробежного насоса. – 2019. – №36(4). – С. 401-410 (на английском языке)*

4. *Ukhin V.V.* Влияние изменения диаметра рабочего колеса центробежного земснаряда на его характеристики // *Энергетика и инженерия*. – 2017. – №41(1). – С. 8-13 (на английском языке)
5. *Подболотов С.В., Кольга А.Д.* Влияние режимных параметров на давление, развиваемое центробежной турбомашинной с коаксиальным расположением рабочих колес // *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова*. – 2017. – №1. – С. 81-85 (на русском языке)
6. *Григорьев С.В., Савин Л.А., Шахбанов Р.М.* Обоснование возможностей повышения энергетических характеристик центробежных насосов. // *Известия ТулГУ*. – 2015. – №7(2). – С. 122-126 (на русском языке)
7. *Подболотов С.В., Кольга А.Д.* Математическое и экспериментальное моделирование режимов работы центробежной турбомашинной с коаксиальным расположением рабочих колес. // *Известия Уральского государственного горного университета*. – 2018. – №1. – С. 80-84 (на русском языке)
8. *Пестряков А.Н., Кольга А.Д., Филатов А.М.* Возможности использования гидроклапанов 2/2. // *Сборник трудов XVIII международной научно-технической конференции «Чтения памяти В.Р. Кубачека», проведенной в рамках Уральской горнопромышленной декады*. – Екатеринбург, 2020. – С. 63-66 (на русском языке)

#### Information about authors:

**Akanova G.K.**, Master of Economics and Business, Doctoral Student at the Department «Technological Machines and Transport» of the Institute of Energy and Mechanical Engineering of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), [g.akanova@satbayev.university](mailto:g.akanova@satbayev.university); <https://orcid.org/0000-0002-7182-0386>

**Stolpovskikh I.N.**, Doctors of Technical Sciences, Professor at the Department «Technological Machines and Transport» of the Institute of Energy and Mechanical Engineering of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), [stolpovskikh\\_i@mail.ru](mailto:stolpovskikh_i@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0003-2893-5070>

**Kolga A.D.**, Doctors of Technical Sciences, Professor at the Department «Mechanics and Repair of Machines» of the Ural State Agrarian University (Yekaterinburg, Russia), [kad-55@magtu.ru](mailto:kad-55@magtu.ru); <https://orcid.org/0000-0002-3194-2274>

**Podbolotov S.V.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Mining Machines and Transport and Technological Complexes of the Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov (Magnitogorsk, Russia), [podbolotov\\_sergey@mail.ru](mailto:podbolotov_sergey@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-7870-7183>

#### Авторлар туралы мәліметтер:

**Ақанова Г.Қ.**, Экономика және бизнес магистрі, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық ғылыми-зерттеу техникалық университеті Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институтының «Технологиялық машиналар, көлік және логистика» кафедрасының докторанты (Алматы қ., Қазақстан)

**Столповских И.Н.**, техника ғылымдарының докторы, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық ғылыми-зерттеу техникалық университеті Энергетика және машина жасау институты «Технологиялық машиналар және көлік» кафедрасының профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

**Кольга А.Д.**, техника ғылымдарының докторы, профессор, Орал мемлекеттік аграрлық университеті (Екатеринбург қ., Ресей)

**Подболотов С.В.**, техника ғылымдарының кандидаты, Г.И. Носов атындағы Магнитогорск мемлекеттік техникалық университетінің, «Тау-кен машиналары және көлік-технологиялық кешендері» кафедрасының доценті (Магнитогорск қ., Ресей)

#### Сведения об авторах:

**Аканова Г.К.**, магистр экономики и бизнеса, докторант кафедры «Технологические машины и транспорт» Института энергетики и машиностроения Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

**Столповских И.Н.**, д-р техн. наук, профессор кафедры «Технологические машины и транспорт» института Энергетики и машиностроения Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

**Кольга А.Д.**, д-р техн. наук, профессор кафедры «Механика и ремонт машин» Уральского государственного аграрного университета (г. Екатеринбург, Россия)

**Подболотов С.В.**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Горные машины и транспортно-технологические комплексы» Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова (г. Магнитогорск, Россия)

*The authors express their gratitude to the colleagues of the Magnitogorsk Technical University. Nosov to Professor, Doctor of Technical Sciences Pytalev I.A., Head. Department «Mining machines and transport-technological complexes» Mazhitov A.M., for assistance in conducting this study in the laboratory of the University of Moscow State Technical University named after G.I. Nosov.*



Правительство  
Челябинской области



Министерство промышленности,  
новых технологий и природных  
ресурсов Челябинской области



Министерство  
экономического развития  
Челябинской области



Администрация  
г. Челябинска



ОПОРА РОССИИ



# ЧЕЛЯБИНСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ФОРУМ

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ ВЫСТАВКА

**ТЕХНОЭКСПО.  
МЕТАЛЛУРГИЯ.  
МАШИНОСТРОЕНИЕ.  
ВПК**

**17-18 НОЯБРЯ, ЧЕЛЯБИНСК**

[www.expochel.ru](http://www.expochel.ru)  
8 951 232 30 44



ЭКСПОЧЕЛ  
ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ  
КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР

Код МРНТИ 30.17.51

М.Е. Исаметова, \*Г.С. Абилезова, Р.К. Карпеков, Д.Е. Ткаченко

Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ РАБОЧЕГО КОЛЕСА НА НАПОРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МНОГОСТУПЕНЧАТОГО ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

**Аннотация.** В статье приведены результаты экспериментального исследования влияния числа лопаток на напорно-энергетические характеристики многоступенчатого центробежного насоса. Испытывался вертикальный погружной многоступенчатый центробежный насос, в котором варьировались рабочие колеса с различным количеством лопастей. Колеса были изготовлены с помощью новейшей технологии быстрого прототипирования посредством SLA печати на высокопрочной полимерной смоле. В результате экспериментов было выявлено доминирующее влияние частоты и скорости вращения на производительность центробежного насоса. Проведенные исследования позволили сделать вывод, что количество лопастей не оказывает существенного влияния на производительность центробежного насоса.

**Ключевые слова:** центробежный насос, эксперимент, стереолитография (SLA), мощность, напор, эффективность.

### Орталықтан тепкіш доңғалақ құрылымының көп сатылы сорғының қысым сипаттамаларына әсерін зерттеу

**Андатпа.** Мақалада көп сатылы центрифугалық сорғының қысым-энергетикалық тартқыштарына пышақтары санының әсерін эксперименттік зерттеу нәтижелері келтірілген. Тік көп сатылы орталықтан тепкіш сорғы сыналды, онда жұмыс дөңгелектері әртүрлі мөлшерде өзгерді. Доңғалақтар жоғары беріктігі бар полимерлі SLA көмегімен басып шығару арқылы жылдам прототиптеудің соңғы технологиясымен жасалды. Тәжірибелер нәтижесінде жылдамдықтың центрифугалық сорғының жұмысына басым әсері анықталды. Сондай-ақ, сорғының барлық өнімділігі, әдетте, пышақтар санының өзгеруіне емес, айналу жылдамдығының өзгеруіне сезімтал екендігі анықталды. Жүргізілген зерттеулер пышақтардың саны центрифугалық сорғының жұмысына айтарлықтай әсер етпейді деген қорытындыға келді.

**Түйінді сөздер:** орталықтан тепкіш сорғы, эксперимент, стереолитография (SLA), қуат, қысым, тиімділік.

### Study of the influence of the design of a centrifugal wheel on the pressure characteristics of a multistage pump

**Abstract.** The article presents the results of an experimental study of the influence of the number of blades on the pressure-energy characteristics of a multistage centrifugal pump. A vertical submersible multistage centrifugal pump was tested, in which impellers with a different number of blades were varied. The wheels were manufactured using the latest rapid prototyping technology through SLA printing on high strength polymer resin. As a result of the experiments, the dominant influence of the speed on the performance of the centrifugal pump was revealed. The conducted research allowed to conclude that the number of blades does not have a significant impact on the performance of a centrifugal pump.

**Key words:** centrifugal pump, experiment, stereolithography (SLA), power, pressure, efficiency, wheels, rapid prototyping technology, parameters, strength.

### Введение

Разработка месторождений полезных ископаемых в горной промышленности зачастую сопровождается откачкой больших объемов жидких сред. Известен факт, что при откачке больших объемов жидкости из скважин погружные центробежные насосы наиболее экономичны и менее трудоемки при их обслуживании в сравнении с насосами других типов. Для повышения производительности центробежного насоса в целях экономии энергии необходимы инновации. В нескольких литературных источниках отмечается, что производительность центробежного насоса зависит от некоторых конструктивных параметров, т. е. рабочего колеса, направляющего аппарата, которые влияют на характеристики потока жидкости внутри машины.

### Литературный обзор

Многие исследователи внесли значительный вклад в изучение механизмов потока внутри центробежных рабочих колес. В [1] представлены результаты исследований по определению влияния количества лопаток на кинематику потока в центробежном колесе одноступенчатого насоса. Показано, что колеса с количеством лопастей 5 и 9 имеют более высокое трение потока внутри каналов, а наиболее оптимальным является колесо с 7 лопастями. В [2] рассматривалось взаимное влияние количества лопастей колеса (5, 6, 7) и количества лопастей диффузора (8, 9, 10). В результате исследований, основанных на численном моделировании,

было установлено, что корпус 7 + 8 имеет минимальное колебание колеса, что, в свою очередь, влияет на величину КПД и прочность вала в целом.

Подход к выбору колеса по прочностным параметрам использовался в [3], но он был основан только на изменениях скорости вращения вала ротора, а не на влиянии пульсации потока и прочности центробежного колеса, которая зависит от выбора количества лопаток. Авторы работы [4] привели результаты исследования влияния собственных частот колебаний центробежного колеса на прочность вала, вызванную разницей в количестве лопастей колеса и диффузора. Работа [5] посвящена расчету прочности дисков и лопастей на основе использования модифицированного метода последовательных приближений в смещенных полиномах Чебышева.

Во всех этих работах недостаточно внимания уделялось изучению влияния количества лопастей на напорно-энергетические характеристики насоса. Все это говорит о том, что целесообразно провести экспериментальные исследования для определения оптимального количества лопаток, удовлетворяющих максимуму энергоэффективности насоса.

### Методы исследования

Исследованная физическая конструкция представляет собой многоступенчатый центробежный насос, который включает в себя 4 рабочих колеса и 4 направляющих аппарата. На рис. 1 приведена конструкция многоступенчатого насоса. По автоматизированным

расчетам в модуле PUMP построены уточненные модели рабочих колес с параметрами  $\beta_1 = 28^\circ$ ,  $\beta_2 = 30^\circ$ , угол охвата лопасти  $\theta = 70^\circ$ , количество лопастей – 6, 7, 8. Количество лопаток варьировались для определения влияния их числа на напорные и энергетические характеристики ступеней насоса. Для изучения влияния количества лопастей на производительность центробежного насоса использовалась новейшая технология быстрого прототипирования Rapid prototyping, используя которую конструктор может быстро физически воспроизвести компьютерную модель любой сложности<sup>1</sup> [6]. При создании прототипа центробежного колеса, близкого к реальной модели, основным фактором был выбор технологии 3D-печати по параметру шероховатости. При выборе технологии SLA, работающей с жидким фотополимером (стереолитография), были приняты во внимание данные автора<sup>2</sup>. В соответствии с технологией изготовления и требованиями, предъявляемыми к деталям ступени центробежного погружного насоса, для внутренних поверхностей конструктивных

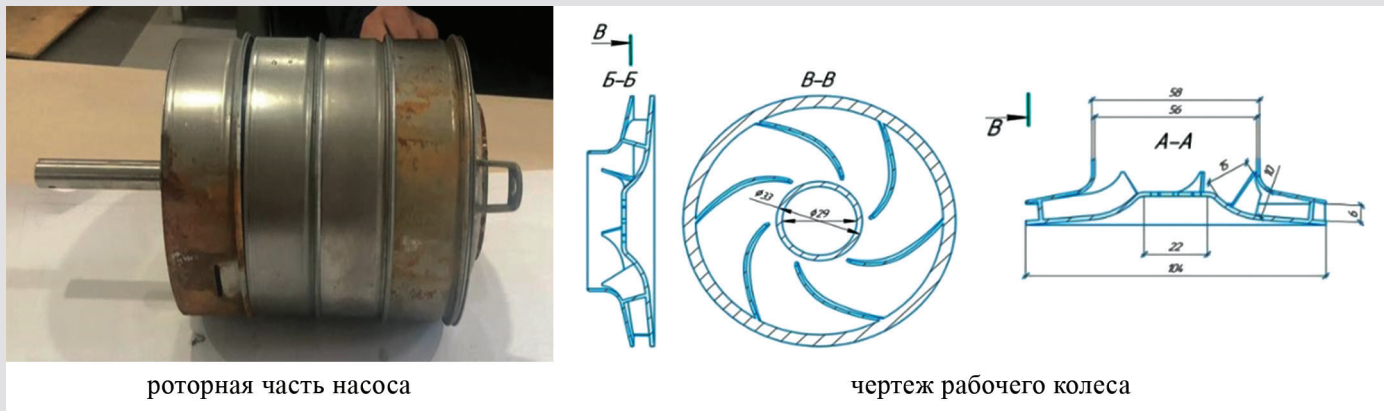
элементов допустима абсолютная шероховатость до 0,3 мм. На рис. 2 приведены образцы испытуемых колес, напечатанных технологией SLA.

Исследование трех колес проводилось при трех различных скоростях вращения в диапазоне от 1450 об./мин до 2850 об./мин. Одна за другой модели рабочего колеса были протестированы для изучения их рабочих характеристик. Подача центробежного насоса измерялась расходомером, погрешность которого составляет  $\pm 0,3\%$  от измеренного значения. Модельный напор насоса был получен с помощью манометра с точностью  $\pm 0,1\%$  от измеренного значения. Экспериментальная испытательная установка (рис. 3) позволяет точно измерять массовый расход.

#### Измерительная техника и обработка данных

В лаборатории КазННТУ им. К.И. Сатпаева была собрана установка стенда, приведенная на рис. 3.

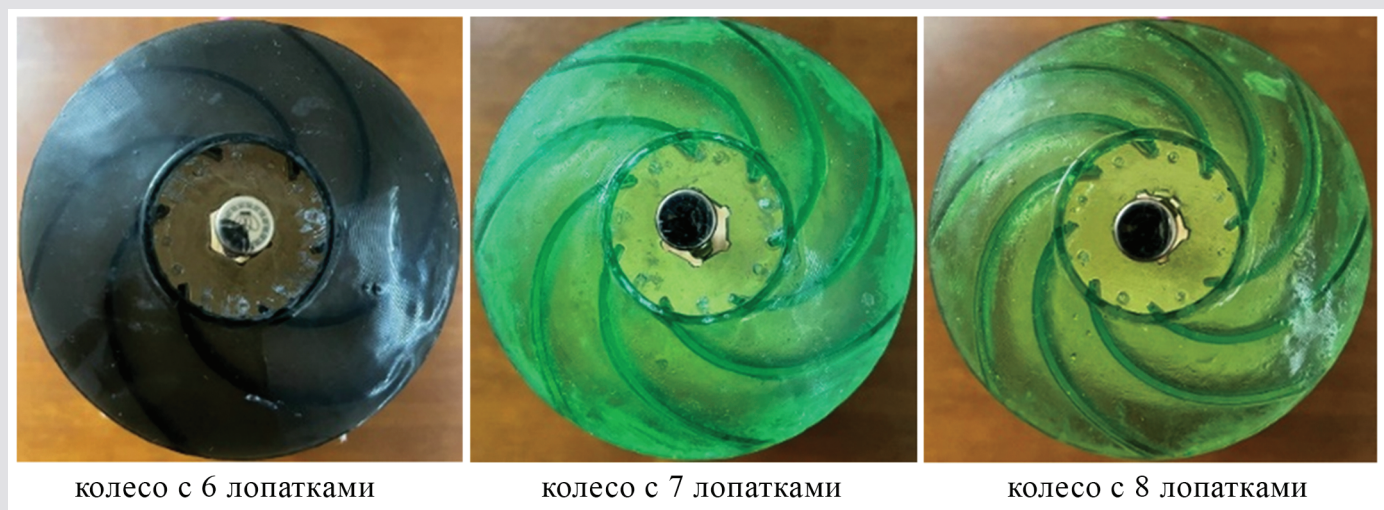
Данные измерений передаются на компьютер через встроенные адаптеры измерительных приборов и обрабатываются в приложении Excel. Эксперименты



роторная часть насоса

чертеж рабочего колеса

**Рис. 1. Конструкция насоса.**  
**Сурет 1. Сорғының конструкциясы.**  
**Figure 1. Pump design.**



колесо с 6 лопатками

колесо с 7 лопатками

колесо с 8 лопатками

**Рис. 2. Модели колес насоса, напечатанного технологией SLA.**  
**Сурет 2. SLA технологиясымен басылған сорғы доңғалақтарының модельдері.**  
**Figure 2. Models of pump wheels printed with SLA technology.**

<sup>1</sup>Ramesh S. A text book of rapid prototyping. – Parvana Bhavan: ANE Books, 2015. – 1st Edition.

<sup>2</sup>Зленко М.А., Нагайцев М.В., Довбыш В.М. Аддитивные технологии в машиностроении. – М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. – 218 с.

были сосредоточены на исследовании трех рабочих параметров насоса: напор насоса ( $H$ ), гидравлическая мощность ( $P_{гид}$ ) и КПД ( $\eta$ ) – при различном количестве лопастей и режимах работы насоса. В центробежных насосах эти параметры обычно определяются уравнениями (1)-(3).

$$H = P/\gamma = (P_H - P_B)/\rho g, \quad (1)$$

где  $\gamma = \rho g$ ;

$P_H$  – давление нагнетания на выходе насоса, Н/м<sup>2</sup>;

$P_B$  – давление всасывания на входе насоса, Н/м<sup>2</sup>;

$\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – сила тяжести.

Гидравлическая мощность насоса определяется по формуле:

$$P_{гид} = \rho g H Q, \quad (2)$$

где  $Q$  – подача насоса, м<sup>3</sup>/с.

Соответственно КПД насоса определяется как:

$$\eta = P_{гид}/P_{вал}, \quad (3)$$

где  $P_{вал}$  – мощность, передаваемая валу насоса  $W$ .

### Результаты

На рис. 4 показано соотношение напора и производительности центробежного насоса при различном количестве лопаток и при трех различных скоростях вращения, т. е. 1450 об./мин, 2050 об./мин и 2850 об./мин.

На рис. 5 приведена зависимость мощности от производительности центробежного насоса при различных скоростях потока и трех различных скоростях вращения, как объяснялось ранее. На экспериментальном графике очевидна линейная зависимость мощности насоса от подачи, что согласуется с теоретическим описанием этой зависимости.

На рис. 6 показана эффективность центробежного насоса при различных скоростях потока при трех различных скоростях вращения. На диграмме очевиден разрыв значений эффективности на разных уровнях скоростей вала, чего не скажешь о влиянии числа лопаток.

### Обсуждение результатов

Использование рабочего колеса с семью лопастями способствует увеличению небольшого зазора напорного насоса, по сравнению с рабочим колесом с шестью и восьмью лопастями. С точки зрения тенденции, этот вывод подтверждает экспериментальное и численное исследование, приведенное в работе [7]. Было обнаружено, что частота вращения оказывает значительное влияние на повышение мощности насоса. Мощность насоса быстро увеличивается за счет переключения частоты вращения с низкого (1450 об./мин) на высокий уровень (2850 об./мин). Мощность центробежного насоса с семью лопастями может быть увеличена до 35 Вт при частоте вращения 2850 об./мин. При изменении числа лопастей мощность насоса немного увеличивается при большем их количестве.

В настоящем исследовании эффективность центробежного насоса с семью лопастями может быть увеличена до 24,99% для частоты вращения 2850 об./мин. Напротив, эффективность значительно снижается при переходе на частоту вращения 1450 об./мин. Это хорошо согласуется с исследованиями [8, 9]. Изменение числа лопаток практически не сказывается

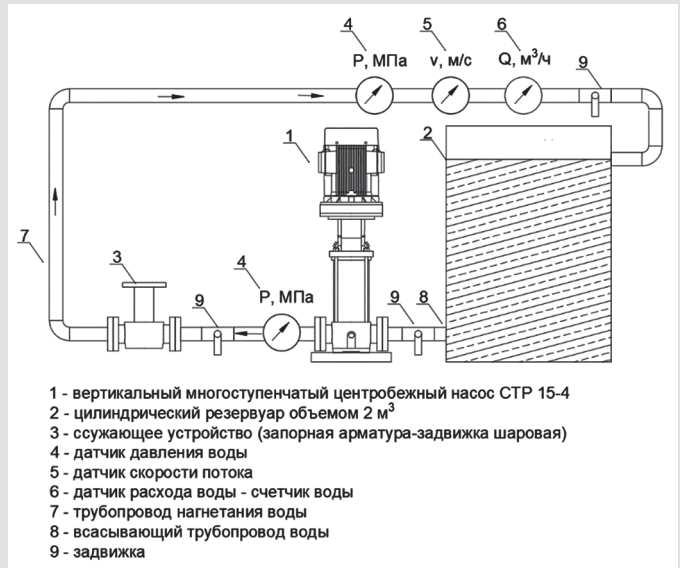


Рис. 3. Испытательный стенд насосного оборудования.

Сурет 3. Сорғы жабдығының сынақ стенді.

Figure 3. Test stand for pumping equipment.

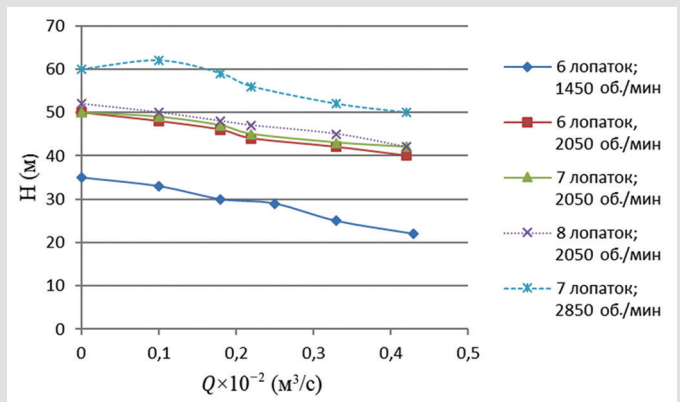


Рис. 4. Экспериментальный график зависимости напора и подачи насоса.

Сурет 4. Сорғының қысымы мен берілуінің эксперименттік графигі;

Figure 4. Experimental graph of the dependence of pressure and pump flow.

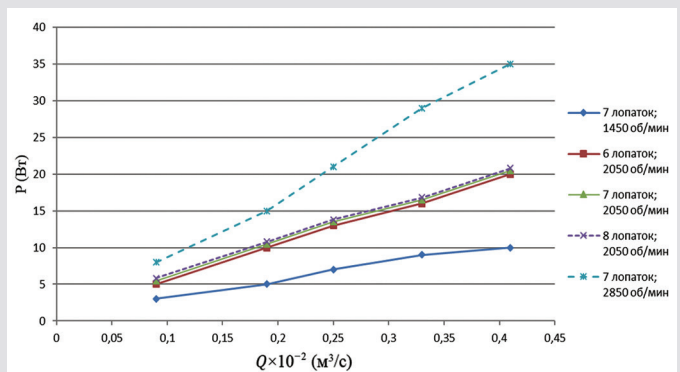


Рис. 5. Мощность насоса.

Сурет 5. Сорғы қуаты.

Figure 5. Pump power.

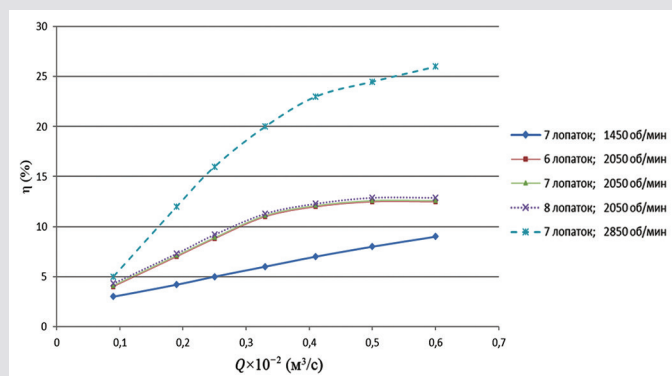


Рис. 6. Диаграмма КПД насоса.  
Сурет 6. Сорғының тиімділік диаграммасы.  
Figure 6. Pump efficiency diagram.

на производительности насоса. Это означает, что эффективность центробежного насоса нечувствительна к изменению числа лопастей.

#### Закключение

В настоящем исследовании экспериментально исследовалось влияние скорости вращения и количества лопастей на внутренний поток и характеристики центробежного насоса. Можно сделать вывод, что производительность центробежного насоса, как правило, более чувствительна к изменению скорости вращения, а не к изменению количества лопастей. Скорость потока при работе насоса играет важную роль в производительности центробежного насоса. Использование рабочего колеса с различным количеством лопастей не оказывает существенного влияния на ее производительность.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Stel H., Sirino T., Ponce F.J., Chiva S., Morales R.E.M. Численное исследование течения в многоступенчатом электропогружном насосе. // Журнал нефтяной науки и техники. – 2015. – №136. – С. 41-54 (на английском языке)
2. Liu H. Влияние числа лопастей на характеристики центробежных насосов. // Китайский журнал машиностроения. – 2010. – №23(06). – С. 742 (на английском языке)
3. Korkmaz E., Gölcü M., Kurbanoglu C. Влияние угла нагнетания лопастей, количества лопастей и длины лопастей делителя на производительность глубинного насоса. // Журнал прикладной гидромеханики. – 2017. – №10(2). – С. 529-540 (на английском языке)
4. Bai Yu., Kong F., Xia B., Liu Yu. Эффект согласования числа лопастей рабочего колеса и диффузора в высокоскоростном спасательном насосе. // Достижения в области машиностроения. – 2017. – №9(5). – С. 168781401770359 (на английском языке)
5. Пухлий В.А. К расчету дисков центробежных насосов гидротехнических сооружений и АЭС. // Теория механизмов и машин. – 2015. – №13. – С. 41-50 (на русском языке)
6. Yan Y., Li S., Zhang R., Lin F., Wu R., Lu Q. и др. Технология быстрого прототипирования и производства: принцип, репрезентативная техника, приложения и тенденции развития. // Наука и технологии Цинхуа. – 2009. – №14(S1). – С. 1-12 (на английском языке)
7. Isametova M., Nussipali R., Karaivanov D., Abilikhair Z., Isametov A. Расчетно-экспериментальное исследование композиционного материала для изготовления рабочих колес центробежных насосов. // Журнал прикладной и вычислительной механики. – 2022. – №8(4). – С. 2383-4536 (на английском языке)
8. Rakibuzzaman R., Suh S.H., Kim K.W., Kim H.H., Cho M.T., Yoon I.S. Исследование характеристик производительности многоступенчатого центробежного насоса для системы привода с регулируемой скоростью. // Procedia Engineering. – 2015. – Вып. 105. – С. 270-275 (на английском языке)
9. Shao C., Li C., Zhou J. Экспериментальное исследование структур потока и внешних характеристик центробежного насоса, который транспортирует газожидкостные двухфазные смеси. // Международный журнал тепла и потока жидкости. – 2018. – Т. 71. – С. 460-469 (на английском языке)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Shao C., Li C., Zhou J. Көп сатылы электржабдықтау сорғысындағы ағымды сандық зерттеу. // Мұнай ғылымы мен техникасы журналы. – 2015. – №136. – Б. 41-54 (ағылшын тілінде)
2. Liu H. Пышақтар санының орталықтан тепкіш сорғылардың сипаттамаларына әсері. // Қытай машина жасау журналы. – 2010. – №23(06). – Б. 742 (ағылшын тілінде)

3. Korkmaz E., Gölcü M., Kurbanoglu C. *Пышақтардың айдау бұрышының, пышақтардың саны мен бөлгіш пышақтардың ұзындығының терең сорғының жұмысына әсері.* // Қолданбалы гидромеханика журналы. – 2017. – №10(2). – Б. 529-540 (ағылшын тілінде)
4. Bai Yu., Kong F., Xia B., Liu Yu. *Жоғары жылдамдықты құтқару сорғысындағы доңғалақ пышақтары мен диффузордың санын сәйкестендірудің әсері.* // Машина жасау саласындағы жетістіктер. – 2017. – №9(5). – Б. 168781401770359 (ағылшын тілінде)
5. Пухлий В.А. *Гидротехникалық құрылыстар мен АЭС орталықтан тепкіш сорғыларының дискілерін есептеуге.* // Механизмдер мен машиналар теориясы. – 2015. – №13. – Б. 41-50 (орыс тілінде)
6. Yan Y., Li S., Zhang R., Lin F., Wu R., Lu Q. *және т. б. Жылдам прототиптеу және өндіріс технологиясы: принцип, өкілдік техника, қосымшалар және даму тенденциялары.* // Цинхуа ғылымы мен технологиясы. – 2009. – №14(S1). – Б. 1-12(ағылшын тілінде)
7. Isametova M., Nussipali R., Karaivanov D., Abilikhair Z., Isametov A. *Орталықтан тепкіш сорғылардың жұмыс дөңгелектерін жасауға арналған композициялық материалды есептеу-эксперименттік зерттеу.* // Қолданбалы және есептеу механикасы журналы, – 2022. – №8 (4). – С. 2383-4536 (ағылшын тілінде)
8. Rakibuzzaman R., Suh S.H., Kim K.W., Kim H.H., Cho M.T., Yoon I.S. *Реттелетін жылдамдықты жетек жүйесіне арналған көп сатылы центрифугалық сорғының өнімділік сипаттамаларын зерттеу.* // Procedia Engineering. – 2015. – Шығ. 105. – Б. 270-275 (ағылшын тілінде)
9. Shao C., Li C., Zhou J. *Газды сұйық екі фазалы қоспаларды тасымалдайтын центрифугалық сорғының ағын құрылымдары мен сыртқы сипаттамаларын эксперименттік зерттеу.* // Жылу мен сұйықтық ағынының халықаралық журналы. – 2018. – Т. 71. – Б. 460-469 (ағылшын тілінде)

## REFERENCES

1. Stel H., Sirino T., Ponce F.J., Chiva S., Morales R.E.M. *Numerical investigation of the flow in a multistage electric submersible pump.* // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2015. – №136. – P. 41-54 (in English)
2. Liu H. *Effects of Blade Number on Characteristics of Centrifugal Pumps.* // Chinese Journal of Mechanical Engineering. – 2017. – №10(2). – P. 529-540 (in English)
3. Korkmaz E., Gölcü M., Kurbanoglu C. *Effects of blade discharge angle, blade number and splitter blade length on deep well pump performance.* // Journal of Applied Fluid Mechanics. – 2017. – №10(2). – P. 529-540 (in English)
4. Bai Yu., Kong F., Xia B., Liu Yu. *Effect of blade number matching of impeller and diffuser in high-speed rescue pump.* // Advances in Mechanical Engineering. – 2017. – №9(5). – P. 168781401770359 (in English)
5. Pukhliy V.A. *K raschetu diskov centrobezhnykh nasosov gidrotexnicheskikh sooruzhenij i AE'S. [To calculation of disks of centrifugal pumps of hydraulic engineering constructions and the atomic power station].* // Teoriya mexanizmov i mashin = Theory of mechanisms and machines. – 2015. – №13. – P. 41-50 (in Russian)
6. Yan Y., Li S., Zhang R., Lin F., Wu R., Lu Q. *et. al. Rapid prototyping and manufacturing technology: principle, representative technics, applications, and development trends.* // Tsinghua Science and Technology. – 2009. – №14(S1). – P. 1-12 (in English)
7. Isametova M., Nussipali R., Karaivanov D., Abilikhair Z., Isametov A. *Computational and experimental study of the composite material for the centrifugal pump impellers.* // Manufacturing journal of applied and computational mechanics. – 2022. – №8(4). – P. 2383-4536 (in English)
8. Rakibuzzaman R., Suh S.H., Kim K.W., Kim H.H., Cho M.T., Yoon I.S. *A study on multistage centrifugal pump performance characteristics for variable speed drive system.* // Procedia Engineering. – 2015. – Вып. 105. – P. 270-275 (in English)
9. Shao C., Li C., Zhou J. *Experimental investigation of flow patterns and external performance of a centrifugal pump that transports gas-liquid two-phase mixtures.* // International Journal of Heat and Fluid Flow. – 2018. – Т. 71. – P. 460-469 (in English)



**Сведения об авторах:**

**Исаметова М.Е.**, PhD, ассоциированный профессор кафедры «Машиностроение» Satbayev University (г. Алматы Казахстан), [isametova69@mail.ru](mailto:isametova69@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0003-4630-271X>

**Абилезова Г.С.**, магистр техн. наук, ассистент кафедры «Машиностроение» Satbayev University (г. Алматы Казахстан), [abilezova\\_gazel@mail.ru](mailto:abilezova_gazel@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1517-0577>

**Карпеков Р.К.**, старший преподаватель кафедры «Машиностроение», Satbayev University (г. Алматы Казахстан), [rashid\\_al\\_garun@mail.ru](mailto:rashid_al_garun@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0001-7410-5823>

**Ткаченко Д.Е.**, магистр техн. наук, инженер кафедры «Машиностроение» Satbayev University (г. Алматы Казахстан), [ned-86@mail.ru](mailto:ned-86@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-9148-3612>

**Авторлар туралы мәліметтер:**

**Исаметова М.Е.**, PhD, Satbayev University, «Машина жасау» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

**Абилезова Г.С.**, техника ғылымдарының магистрі, Satbayev University, «Машина жасау» кафедрасының ассистенті (Алматы қ., Қазақстан)

**Карпеков Р.К.**, Satbayev University, «Машина жасау» кафедрасының аға оқытушысы (Алматы қ., Қазақстан)

**Ткаченко Д.Е.**, техника ғылымдарының магистрі, Satbayev University, «Машина жасау» кафедрасының инженері (Алматы қ., Қазақстан)

**Information about the authors:**

**Isametova M.E.**, PhD., Associate Professor at the Department of Mechanical Engineering of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

**Abilezova G.S.**, Master of Technical Sciences, Assistant at the Department of Mechanical Engineering of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

**Karpekov R.K.**, Senior Lecturer at the Department of Mechanical Engineering of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

**Tkachenko D.E.**, Master of Technical Sciences, Engineer at the Department of Mechanical Engineering of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

**Источник финансирования исследований**

Исследования финансируются МОН РК: научный проект AP08857367 «Разработка инновационных технологий обеспечения улучшения показателей энергоэффективности и надежности центробежных насосов, производимых в Казахстане».

**ОТКРЫТА ПОДПИСКА****КАЗПОЧТА ЕВРАЗИЯ ПРЕСС ЭВРИКА-ПРЕСС****Подписной индекс 75807****Заявка на главной странице сайта MINMAG.KZ**

Следите за новостями!

[minmag.kz](http://minmag.kz)[@minmag.kz](https://www.instagram.com/minmag.kz)
[+7 747 343 15 02](https://wa.me/77473431502)
[post-dts@yandex.kz](mailto:post-dts@yandex.kz)

050026, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Карасай батыра, 146, оф. 401



Код МРНТИ 53.37.91

\*М.С. Акбаров<sup>1</sup>, О.В. Чернышова<sup>2</sup>, Г.А. Усольцева<sup>1</sup>, Р.С. Акпанбаев<sup>1</sup><sup>1</sup>Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)<sup>2</sup>Институт тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова РТУ МИРЭА (г. Москва, Россия)

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОЦЕСС ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО РАСТВОРЕНИЯ СПЛАВА ОЛОВА СО СВИНЦОМ

**Аннотация.** В настоящей статье изложены результаты электрохимического растворения *Sn-Pb* сплава в электролитах на основе сульфаминовой кислоты, проводимого в гальваностатическом режиме при различных значениях плотностей тока. Показано, что в диапазоне исследуемых плотностей тока 0,10-0,25 А/см<sup>2</sup> скорость растворения сплава зависит от состава электролита – добавка азотной кислоты увеличивает скорость растворения в 1,8 раза, снижение концентрации сульфаминовой кислоты в 2 раза ведет к снижению скорости растворения в 1,3 раза. Установлено, что в при проведении процесса электрохимического растворения *Sn-Pb* сплава в гальваностатическом режиме при плотностях тока 0,10-0,25 А/см<sup>2</sup> катодный осадок имеет состав (мас. %): свинец – 99,4-99,6; олово – 0,4-0,6.

**Ключевые слова:** вторичное сырье, оловосодержащий сплав, припой, олово-свинцовый сплав, электрохимическая переработка, сульфаминовая кислота, гальваностатический режим, электронный лом, катодный осадок, анодное растворение.

### Қалайы қорытпасын қорғасынмен электрохимиялық еріту процесіне технологиялық параметрлердің әсері

**Андатпа.** Бұл мақалада әртүрлі ток тығыздығы мәндерінде гальваностатикалық режимде жүргізілген сульфамин қышқылы негізіндегі электролиттердегі *Sn-Pb* қорытпасының электрохимиялық еру нәтижелері келтірілген. Зерттелген ток тығыздығы 0,10-0,25 А/см<sup>2</sup> диапазонында қорытпаның еру жылдамдығы электролиттің құрамына байланысты азот қышқылының қосылуы еру жылдамдығын 1,8 есе арттырады, сульфамин қышқылы концентрациясының 2 есе төмендеуі еру жылдамдығының 1,3 есе төмендеуіне әкеледі. 0,10-0,25 а/см<sup>2</sup> ток тығыздығы кезінде гальваностатикалық режимде *Sn-Pb* қорытпасын электрохимиялық еріту кезінде катодты шөгіндінің құрамы (мас. %): қорғасын – 99,4-99,6; қалайы – 0,4-0,6.

**Түйінді сөздер:** екіншілік шикізат, құрамында қалайы бар қорытпа, құйма, қалайы-қорғасын қорытпасы, электрохимиялық өңдеу, сульфамин қышқылы, гальваностатикалық режим, электрондық сынық, катодты тұнба, анодты ерітінді.

### Influence of technological parameters on the process of electrochemical dissolution of tin-lead alloy

**Abstract.** This article presents the results of electrochemical dissolution of *Sn-Pb* alloy in electrolytes based on sulfamic acid, conducted in galvanostatic mode at different values of current densities. It is shown that in the range of the studied current densities of 0,10-0,25 А/см<sup>2</sup>, the dissolution rate of the alloy depends on the composition of the electrolyte – the addition of nitric acid increases the dissolution rate by 1,8 times, a decrease in the concentration of sulfamic acid by 2 times leads to a decrease in the dissolution rate by 1,3 times. It was found that during the electrochemical dissolution of the *Sn-Pb* alloy in galvanostatic mode at current densities of 0,10-0,25 А/см<sup>2</sup>, the cathode precipitate has the composition (mass %): lead – 99,4-99,6; tin – 0,4-0,6.

**Key words:** secondary raw materials, tin-containing alloy, solder, tin-lead alloy, electrochemical processing, sulfamic acid, galvanostatic mode, electronic scrap, cathode precipitate, anodic dissolution.

### Введение

Во всех высокоразвитых странах мира вопросу переработки вторичного сырья и различных видов производственных отходов уделяется большое внимание, так как это позволяет решить ряд важнейших экономических и экологических задач.

Сегодня в мировой практике разработаны различные технологии переработки отработанного лома свинца и олова. Широкое распространение получили пиропроцессы – плавка в котлах, в шахтных печах, электротермическая плавка и т. д. Гидрометаллургические процессы также являются неотъемлемой частью технологий переработки вторичных олова и свинца<sup>1</sup> [1-9].

Одним из гидрометаллургических методов переработки вторичного сырья является электрохимический, легко поддающийся автоматизации и являющийся экологически безопасным [9]. Электрохимические процессы занимают особое место в технологиях переработки различных видов сырья с получением металлических продуктов.

В работе изложены результаты электрохимического растворения сплава *Sn-Pb* в электролитах на основе сульфаминовой кислоты ( $(NH_2)SO_3H$ ) в гальваностатическом режиме.

### Методика исследований

Электрохимическое растворение проводили с использованием электрохимического технологического комплекса ЭХК-1012 (ООО ИП «Тетран»), использующего некомпенсационный способ измерения потенциала<sup>2</sup>. Модельный свинцово-оловянный сплав, имитирующий припой, используемый в печатных платах, получен методом сплавления чистых металлов – свинца и олова (оба металла соответствовали по чистоте марке «чда»).

Электрохимическая ячейка представляла собой емкость из фторопласта объемом 300 мл, анод – сплав *Sn-Pb*, площадью  $S = 10$  см<sup>2</sup>, катод – титановая (BT1-0) пластина, площадью  $S = 12$  см<sup>2</sup>.

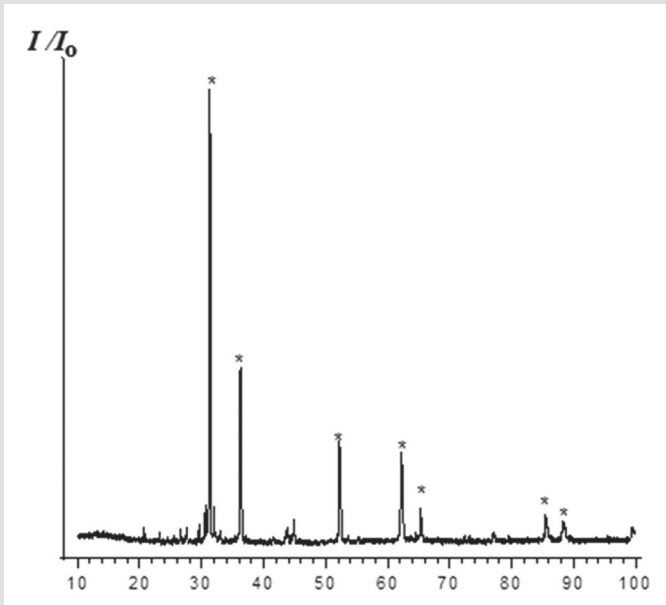
Убыль массы электрода определяли на аналитических весах ANDGR-300 с классом точности  $\pm 0,0001$  г. Температура процесса – 20-25°C. Элементный анализ проводили с использованием ICP масс-спектрометра для изотопного и элементного анализа ELAN DRC-e (Perkin Elmer, Канада). Рентгеновские исследования порошков – на дифрактометре Bruker D8 Advance (*CuK $\alpha$*  излучение) в диапазоне 10-100° 2 $\theta$  с шагом 0,02° 2 $\theta$ , выдержка образцов составляла не менее 0,5 с/шаг. Индицирование дифрактограмм проводили с использованием базы данных PDF2 (2012).

<sup>1</sup>Алиев З.М., Гасанова Ф.Г. Способ переработки свинцовых отработанных аккумуляторов. / Патент №2245393 (РФ). – 2005.

<sup>2</sup>Гайдаренко О.В., Чернышов В.И., Чернышов Ю.И. Способ измерения потенциала рабочего электрода электрохимической ячейки под током. / Патент №2106620 (РФ). – 1998.

### Результаты и их обсуждение

Состав сплава – Sn – 61%, Pb – 39% – выбран в качестве модельного вследствие необходимости переработки припоя с получением индивидуальных компонентов, образующегося при реализации совмещенных технологий переработки электронного лома. Целесообразность применения кислых электролитов на основе сульфаминовой кислоты определена на основании литературных данных и ранее проведенных исследований<sup>3, 4</sup>. Процесс электрохимического растворения проводили в каждом из выбранных электролитов объемом 150 мл в гальваностатическом режиме, который легко реализуется на технологическом оборудовании предприятий, занимающихся переработкой вторичного и техногенного сырья. Выбор величин силы тока (1,0-2,5 А) определяется следующим: при силе тока, меньшей 1,0 А, процесс протекает с низкой скоростью, что отрицательно сказывается на производительности процесса в целом; при значениях силы тока выше 2,5 А возрастает доля нежелательных процессов (например, выделение кислорода).



**Рис. 1. Рентгенограмма катодного осадка, полученного при анодном растворении сплава Sn-Pb в растворе сульфаминовой кислоты с концентрацией 100 г/л при плотности тока 0,1 А/дм<sup>2</sup> – \* – свинец (карточка №87-0663, PDF).  
Сурет 1. Ток тығыздығы 0,1 А/дм<sup>2</sup> – \* – қорғасын кезінде концентрациясы 100 г/л сульфамин қышқылының ерітіндісінде Sn-Pb қорытпасын анодты еріту кезінде алынған катодты тұнба рентгенограммасы (№87-0663 карточка, PDF).  
Figure 1. X-ray of the cathode precipitate obtained by anodic dissolution of the Sn-Pb alloy in a solution of sulfamic acid with a concentration of 100 g/l at a current density of 0,1 A/dm<sup>2</sup> – \* – lead (card №87-0663, PDF).**

Таблица 1

**Влияние силы тока на скорость анодного растворения в гальваностатическом режиме при I = 1,0-2,5 А**

Кесте 1

**I = 1,0-2,5 А кезінде гальваностатикалық режимде анодтың еру жылдамдығына ток күшінің әсері**

Table 1

**Effect of current strength on the rate of anodic dissolution in galvanostatic mode at I = 1,0-2,5 А**

Параметры процесса I, А/i, А/см <sup>2</sup>	Концентрация в электролите, г/л		Скорость растворения сплава, г/(см <sup>2</sup> ·ч)
	олово	свинец	
Электролит (I): (NH <sub>2</sub> )SO <sub>3</sub> H – 100 г/л			
1,0/0,10	0,8	1,1	0,072
1,5/0,15	2,4	2,9	0,078
2,0/0,20	4,5	4,2	0,088
2,5/0,25	6,8	6,0	0,102
Электролит (II): (NH <sub>2</sub> )SO <sub>3</sub> H – 50 г/л			
1,0/0,10	0,5	1,0	0,056
1,5/0,15	1,8	3,2	0,063
2,0/0,20	3,8	4,0	0,071
2,5/0,25	5,1	4,8	0,078
Электролит (III): (NH <sub>2</sub> )SO <sub>3</sub> H – 100 г/л; HNO <sub>3</sub> – 10 г/л			
1,0/0,10	2,8	1,8	0,121
1,5/0,15	4,9	3,8	0,137
2,0/0,20	6,0	5,6	0,158
2,5/0,25	7,6	7,2	0,186

В табл. 1 представлены экспериментальные данные влияния величины силы тока на скорость анодного растворения сплава в кислых электролитах на основе сульфаминовой кислоты.

Скорость растворения сплава рассчитывали по потере массы растворяемого сплава по формуле:

$$v = (m_1 - m_2)/(St), \quad (1)$$

где  $m_1$  – исходная масса растворяемого образца;

$m_2$  – масса образца после электрохимического растворения с учетом образовавшегося анодного шлама ( $m_2 = V(C_{Sn} + C_{Pb})$ ):  $V$  – объем электролита,  $C$  – концентрация металла в электролите);

$S$  – рабочая площадь электрода;

$t$  – время процесса.

При растворении сплава (Sn – 61%, Pb – 39%) в указанных электролитах в гальваностатическом режиме при силе тока в диапазоне значений 1,0-2,5А происходит переход олова и свинца в раствор электролита, вероятно, как в степени окисления +2, так и +4, о чем свидетельствует образование рыхлого осадка на катоде, согласно литературным данным.

Скорости перехода свинца и олова в раствор практически сопоставимы, незначительное различие

<sup>3</sup>Денисенко А.П., Лучко М.А., Редькин С.А., Штода Л.А., Кривулько К.А., Семин М.В., Салов В.Б., Черкасов Е.В., Беззубов Н.И. Способ извлечения олова из отходов электронной и электротехнической промышленности. / Патент №2625156 (РФ). – 2017.

<sup>4</sup>Кацер И.М., Гуляева Г.С., Парамонов В.А., Гельфер Ц.М., Вайнер В.Б., Виноградов В.П., Илалова Р.Х. Электролит лужения жести. / Патент №1678094 (РФ). 1989.

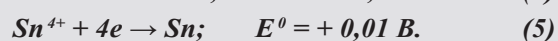
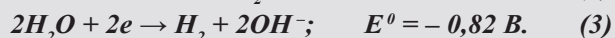
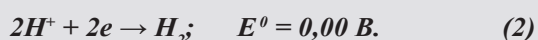
концентраций в растворе электролита связано с преимущественным выделением свинца на катоде. Перехода значительных количеств олова в катодный осадок не происходит, очевидно, что это связано с высокой поляризацией олова при его выделении в электролитах на основе сульфаминовой кислоты. Сказанное подтверждается результатами рентгенофазового анализа (рис. 1) катодного осадка, полученного при анодном растворении сплава в растворе сульфаминовой кислоты с концентрацией 100 г/л при плотности тока 0,1 А/см<sup>2</sup>. По данным химического анализа этот катодный осадок имеет следующий состав, масс.% : – свинец – 99,6, олово – 0,4.

Аналогичные рентгенограммы получены и для других режимов проведения анодного растворения сплава в растворе сульфаминовой кислоты с концентрацией 100 г/л. При увеличении плотности тока от 0,1 А/см<sup>2</sup> до 0,25 А/см<sup>2</sup> содержание олова в катодном осадке незначительно возрастает с 0,4% до 0,6% соответственно.

Концентрация сульфаминовой кислоты сказывается главным образом на скорости анодного растворения сплава: со снижением концентрации сульфаминовой кислоты в 2 раза скорость растворения снижается в 1,3 раза. Концентрация сульфаминовой кислоты в исследованном диапазоне не оказывает влияния на состав катодного осадка: выдерживается то же соотношение свинца (99,6-99,4 масс. %) и олова (0,4-0,6 масс. %). Тенденция к незначительному увеличению содержания олова в катодном осадке с ростом плотности тока сохраняется и при использовании электролита с концентрацией сульфаминовой кислоты 50 г/л.

Добавка азотной кислоты в раствор сульфаминовокислого электролита повышает электропроводность электролита и предохраняет его от гидролиза. Концентрация азотной кислоты может колебаться в пределах от 5 г/л до 15 г/л. Дальнейшее увеличение ее концентрации приводит к снижению выхода по току, возрастает вероятность пассивации анода. Добавка азотной кислоты в 1,8 раза увеличивает скорость растворения сплава.

При организации любого электрохимического процесса анодного растворения следует учитывать протекание на катоде электрохимических реакций. Возможными электрохимическими реакциями<sup>5</sup>, протекающими на катоде, исходя из состава электролита, будут:



Основным фактором, определяющим протекание того или иного процесса на электроде, является величина электродного потенциала. Отсутствие промышленного оборудования, позволяющего проводить технологические

процессы при контролируемом потенциале, обуславливает необходимость осуществлять его контроль косвенным образом. Наряду с величиной силы тока, тщательным подбором рабочих плотностей тока, составом электролита, существенное влияние на преимущественное протекание электрохимической реакции на катоде оказывает соотношение величин катодной и анодной плотностей тока. Поэтому необходимо выявить влияние соотношения величин катодной и анодной плотностей тока на процесс выделения свинца в катодный осадок в рассмотренных ранее электролитах (табл. 2).

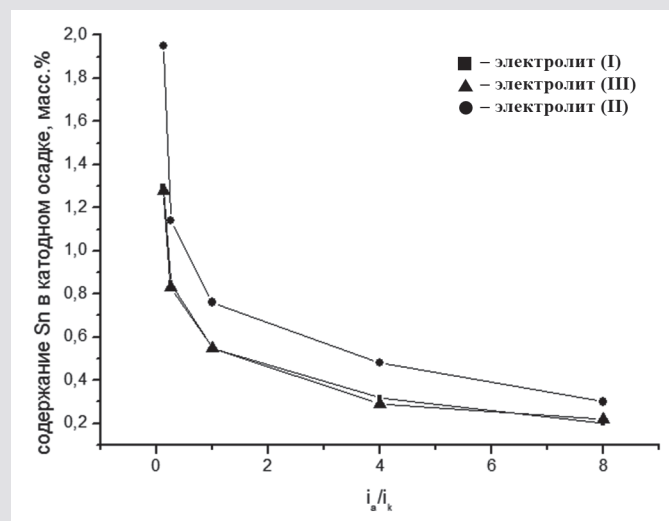


Рис. 2. Влияние  $i_a/i_k$  на содержание олова в катодном осадке.

Сурет 2.  $i_a/i_k$  катодты шөгіндідегі сирек материалдың құрамына әсері.

Figure 2. The effect of  $i_a/i_k$  on the tin content in the cathode sediment.

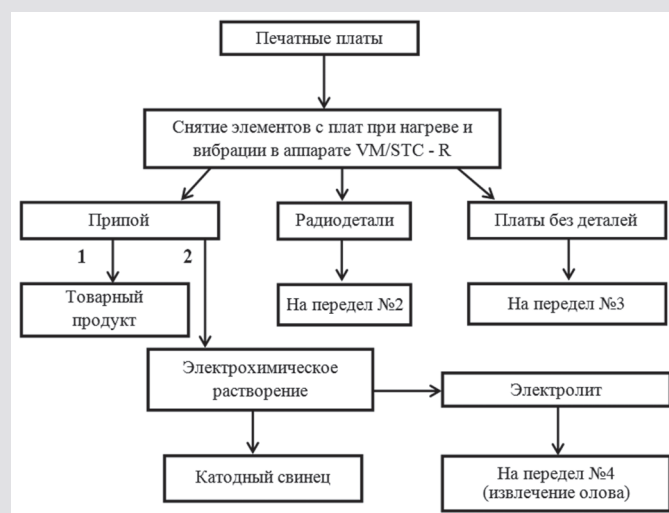


Рисунок 3. Принципиальная схема переработки электронного лома.

Сурет 3. Электрондық сынықтарды өңдеудің принципті схемасы.

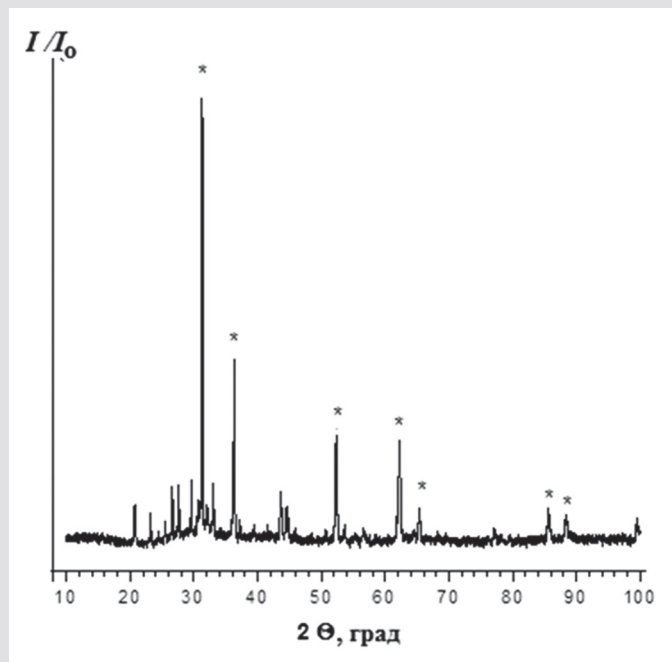
Figure 3. Schematic diagram of electronic scrap recycling.

<sup>5</sup>Турьян Я.И. Окислительно-восстановительные реакции и потенциалы в аналитической химии. – М.: Химия, 1989. – 248 с.

Из полученных данных следует, что выход по току для свинца зависит от соотношения  $i_a/i_k$ : максимальный выход по току достигается при превышении площади катода в 8 раз по сравнению с площадью анода. Снижение этой величины  $i_a/i_k$  сказывается и на увеличении содержания олова в катодном осадке (рис. 2), причем вид зависимости одинаков для всех трех электролитов.

Из полученных результатов следует, что состав электролита влияет на содержание олова в катодном осадке, причем наиболее значимым его вклад становится при  $i_a/i_k \leq 4$ . Можно предположить, что уменьшение концентрации сульфаминовой кислоты при низких значениях  $i_a/i_k$  снижает поляризационную составляющую при выделении олова в катодный осадок.

На основе проведенных исследований были определены следующие параметры проведения процесса электрохимического растворения олово-свинцового сплава: электролит – раствор  $(NH_2)SO_3H$  – 100 г/л,  $i_a/i_k = 8$ , анодная плотность тока – 0,2 А/см<sup>2</sup>.



**Рис. 4. Рентгенограмма катодного осадка, полученного при анодном растворении сплава (Sn – 60,4%, Pb – 38,3%, Zn – 1,3%) в растворе сульфаминовой кислоты с концентрацией 100 г/л при плотности тока 0,2 А/см<sup>2</sup> – \* – свинец (карточка №87-0663, PDF).**

**Сурет 4. Ток тығыздығы 0,2 А/см<sup>2</sup> – \* – қорғасын кезінде концентрациясы 100 г/л сульфамин қышқылының ерітіндісінде (Sn – 60,4%, Pb – 38,3%, Zn – 1,3%) қорытпасын анодты еріту арқылы алынған катодты тұнба рентгенограммасы (№87-0663 карточка, PDF).**

**Figure 4. X-ray of the cathode precipitate obtained by anodic dissolution of the alloy (Sn – 60,4%, Pb – 38,3%, Zn – 1,3%) in a solution of sulfamic acid with a concentration of 100 g/l at a current density of 0,2 A /cm<sup>2</sup> – \* – lead (card №87-0663, PDF).**

**Таблица 2**  
**Влияние соотношения площадей анода и катода на катодный выход по току для свинца в гальваностатическом режиме при I = 0,2 А**

**Кесте 2**  
**I = 0,2 А кезінде гальваностатикалық режимдегі қорғасын үшін катодтың шығу тогына анод пен катод аудандарының қатынасының әсері**

**Table 2**  
**Effect of the ratio of the anode and cathode areas on the cathode current output for lead in galvanostatic mode at I = 0,2 А**

Сила тока I, А	Плотность тока, А/см <sup>2</sup>		Катодный выход по току свинца, %
	катодная	анодная	
Электролит (I): $(NH_2)SO_3H$ – 100 г/л			
2,0	0,025	0,2	78,6
	0,05	0,2	75,8
	0,2	0,2	60,5
	0,8	0,2	52,5
	1,6	0,2	40,2
Электролит (II): $(NH_2)SO_3H$ – 50 г/л			
2,0	0,025	0,2	82,4
	0,05	0,2	79,2
	0,2	0,2	70,5
	0,8	0,2	62,4
	1,6	0,2	58,6
Электролит (III): $(NH_2)SO_3H$ – 100 г/л, $HNO_3$ – 10 г/л			
2,0	0,025	0,2	72,5
	0,05	0,2	59,8
	0,2	0,2	48,2
	0,8	0,2	40,5
	1,6	0,2	36,5

Выбранные условия были опробованы на сплаве состава Sn – 60,4%, Pb – 38,3%, Zn – 1,3%, полученном на стадии механической переработки электронного лома с использованием оборудования VM/STC-R (VIOLI S.R.L, Италия) (рис. 3). В зависимости от текущего спроса на олово и свинец может быть реализовано два варианта: первый – полученный олово-свинцовый припой является самостоятельным товарным продуктом; второй – припой подвергается дальнейшей переработке электрохимическим способом с получением индивидуальных металлов – свинца и олова.

Таким образом переработано 128,5 г сплава; получен катодный продукт массой 46,5 г состава: свинец – 98,6%, олово – 1,4%. Рентгенограмма катодного осадка приведена на рис. 4.

Таким образом, проведенные эксперименты показали, что использование сульфаминовокислого электролита при анодном растворении олово-свинцовых сплавов в гальваностатическом режиме позволяет получать катодный продукт, представляющий собой металлический свинец чистотой не менее 98%.

**Выводы**

Изучено влияние состава электролита на показатели процесса электрохимического растворения сплава олова со свинцом. Установлено, что скорость растворения сплава возрастает с увеличением кислотности

электролита, равно как и с увеличением плотности тока. Установлено влияние соотношения анодной и катодной плотностей тока на состав катодного осадка и выход по току для свинца. Показана возможность получения катодного свинца чистотой не менее 98% (масс.)

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Hadi P., Xu M., Lin C.S.K., Hui C.-W., McKay G. Методы переработки и использования отходов печатных плат. // Журнал опасных материалов. – 2015. – Вып. 283. – С. 234-243 (на английском языке)
2. Moosakazemi F., Ghassa S., Mohammadi M.R.T. Экологически безопасное гидрометаллургическое извлечение олова и свинца из отходов печатных плат: термодинамические и кинетические исследования. // Журнал более чистого производства. – 2019. – Вып. 228. – С. 185-196 (на английском языке)
3. Stuhlpfarrer P., Luidold S., Antrekowitsch H. Переработка отходов печатных плат с одновременным обогащением специальными металлами с использованием щелочных расплавов: экологически выгодное и стратегическое решение. // Журнал опасных материалов. – 2016. – Вып. 307. – С. 17-25 (на английском языке)
4. Yang C., Tan Q., Liu L., Dong Q., Li J. Переработка олова из электронных отходов: проблема, требующая большего внимания. // ACS Устойчивая химия и инженерия. – 2017. – Вып. 5. – С. 9586-9598 (на английском языке)
5. Yang J.-G., Lei J., Peng S.-Ya., Lu Yu.-L., Shi W.-Q. Новый процесс на основе мембранного электроосаждения для извлечения олова из отходов печатных плат. // Журнал опасных материалов. – 2016. – Вып. 304. – С. 409-416 (на английском языке)
6. Jha M.K., Choubey P.K., Jha A.K., Kumari A., Lee J., Kumar V., Jeong J. Исследования выщелачивания для извлечения олова из электронных отходов. // Управление отходами. – 2012. – Вып. 32. – С. 1919-1925 (на английском языке)
7. Jha M.K., Kumari A., Choubey P.K., Lee J., Kumar V., Jeong J. Выщелачивание свинца из припоя отходов печатных плат. // Гидрометаллургия. – 2012. – Вып. 121-124. – С. 28-34 (на английском языке)
8. Hossain R., Nekouei R.K., Mansuri I., Sahajwalla V. Устойчивое извлечение меди и олова из проблематичных глобальных отходов: изучение ценности отходов печатных плат. // ACS Устойчивая химия и инженерия. – 2018. – Вып. 7. – С. 1006-1017 (на английском языке)
9. Ussoltseva G.A., Akbarov M.S., Chernyshova O.V., Vaikonurova A.O., Akrapbayev R.S. Электрохимическая обработка вторичных свинцово-оловянных сплавов. // Журнал химических технологий и металлургии. – 2020. – Вып. 55(5). – С. 1120-1124 (на английском языке)

**ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ**

1. Hadi P., Xu M., Lin C.S.K., Hui C.-W., McKay G. Пайдаланылған баспа платаларын өңдеу және өнімді кәдеге жарату әдістері. // Қауіпті материалдар журналы. – 2015. – Шығ. 283. – Б. 234-243 (ағылшын тілінде)
2. Moosakazemi F., Ghassa S., Mohammadi M.R.T. Баспа платаларының қалдықтарынан қалайы мен қорғасынды экологиялық таза гидрометаллургиялық алу: термодинамикалық және кинетикалық зерттеулер. // Таза өндіріс журналы. – 2019. – Шығ. 228. – Б. 185-196 (ағылшын тілінде)
3. Stuhlpfarrer P., Luidold S., Antrekowitsch H. Сілтілік балқымалардың көмегімен арнайы металдарды бір мезгілде байыта отырып, пайдаланылған баспа платаларын қайта өңдеу: экологиялық және стратегиялық тиімді шешім. // Қауіпті материалдар журналы. – 2016. – Шығ. 307. – Б. 17-25 (ағылшын тілінде)
4. Yang C., Tan Q., Liu L., Dong Q., Li J. Электрондық қалдықтардан қалайы өңдеу: көп назар аударуды қажет ететін мәселе. // ACS тұрақты химия және инженерия. – 2017. – Шығ. 5. – Б. 9586-9598 (ағылшын тілінде)
5. Yang J.-G., Lei J., Peng S.-Ya., Lu Yu.-L., Shi W.-Q. Қалдық ПХД-дан қалайы алу үшін мембраналық электродтау негізіндегі жаңа процесс. // Қауіпті материалдар журналы. – 2016. – Шығ. 304. – С. 409-416 (ағылшын тілінде)
6. Jha M.K., Choubey P.K., Jha A.K., Kumari A., Lee J., Kumar V., Jeong J. Электрондық сынықтан қалайыны алу үшін сілтісіздендіруді зерттеу. // Қалдықтарды басқару. – 2012. – Шығ. 32. – Б. 1919-1925 (ағылшын тілінде)

7. Jha M.K., Kumari A., Choubey P.K., Lee J., Kumar V., Jeong J. Пайдаланылған баспа платаларының (ПХД)дәнекерлеуісінен қорғасынды шаймалау. // *Гидрометаллургия*. – 2012. – Шығ. 121-124. – Б. 28-34 (ағылшын тілінде)
8. Hossain R., Nekouei R.K., Mansuri I., Sahajwalla V. Проблемалық жаһандық қалдықтардан тұрақты Си және Sn шығару: ПХД қалдықтарының құндылығын зерттеу. // *ACS тұрақты химия және инженерия*. – 2018. – Шығ. 7. – Б. 1006-1017 (ағылшын тілінде)
9. Ussoltseva G.A., Akbarov M.S., Chernyshova O.V., Baikonurova A.O., Akpanbayev R.S. Екіншілі қорғасын-қалайы қорытпаларын электрохимиялық өңдеу. // *Химиялық технология және металлургия журналы*. – 2020. – Шығ. 55(5). – Б. 1120-1124 (ағылшын тілінде)

## REFERENCES

1. Hadi P., Xu M., Lin C.S.K., Hui C.-W., McKay G. Waste printed circuit board recycling techniques and product utilization. // *Journal of hazardous materials*. – 2015. – Vol. 283. – P. 234-243 (in English)
2. Moosakazemi F., Ghassa S., Mohammadi M.R.T. Environmentally friendly hydrometallurgical recovery of tin and lead from waste printed circuit boards: Thermodynamic and kinetics studies, *Journal of Cleaner Production*. – 2019. – Vol. 228. – P. 185-196 (in English)
3. Stuhlpfarrer P., Luidold S., Antrekowitsch H. Recycling of waste printed circuit boards with simultaneous enrichment of special metals by using alkaline melts: A green and strategically advantageous solution. // *Journal of hazardous materials*. – 2016. – Vol. 307. – P. 17-25 (in English)
4. Yang C., Tan Q., Liu L., Dong Q., Li J. Recycling Tin from electronic waste: A problem that needs more attention. // *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. – 2017. – Vol. 5. – P. 9586-9598 (in English)
5. Yang J.-G., Lei J., Peng S.-Ya., Lu Yu.-L., Shi W.-Q. A new membrane electro-deposition based process for tin recovery from waste printed circuit boards. // *Journal of hazardous materials*. – 2016. – Vol. 304. – P. 409-416 (in English)
6. Jha M.K., Choubey P.K., Jha A.K., Kumari A., Lee J., Kumar V., Jeong J. Leaching studies for tin recovery from waste e-scrap. // *Waste Manag.* – 2012. – Vol. 32. – P. 1919-1925 (in English)
7. Jha M.K., Kumari A., Choubey P.K., Lee J., Kumar V., Jeong J. Leaching of lead from solder material of waste printed circuit boards. // *Hydrometallurgy*. – 2012. – Vol. 121-124. – P. 28-34 (in English)
8. Hossain R., Nekouei R.K., Mansuri I., Sahajwalla V. Sustainable Recovery of Cu and Sn from Problematic Global Waste: Exploring Value from Waste Printed Circuit Boards. // *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. – 2018. – Vol. 7. – P. 1006-1017 (in English)
9. Ussoltseva G.A., Akbarov M.S., Chernyshova O.V., Baikonurova A.O., Akpanbayev R.S. Electrochemical processing of secondary lead-tin alloys. // *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*. – 2020. – Vol. 55(5). – P. 1120-1124 (in English)

## Сведения об авторах:

**Акбаров М.С.**, докторант кафедры «Металлургические процессы, теплотехника и технология специальных материалов» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), [m.akbarov@satbayev.university](mailto:m.akbarov@satbayev.university); <https://orcid.org/0000-0002-4272-8038>

**Чернышова О.В.**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Химия и технологии редких и рассеянных элементов, наноразмерных и композиционных материалов им. К.А. Большакова» Институт тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова Российского технологического университета (г. Москва, Россия), [oxcher@mitht.ru](mailto:oxcher@mitht.ru); <https://orcid.org/0000-0003-0543-7474>

**Усольцева Г.А.** канд. техн. наук, доцент, ассоциированный профессор кафедры «Металлургические процессы, теплотехника и технология специальных материалов» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), [g.ussoltseva@satbayev.university](mailto:g.ussoltseva@satbayev.university); <https://orcid.org/0000-0003-0155-5094>

**Акпанбаев Р.С.**, PhD, старший научный сотрудник кафедры «Металлургические процессы, теплотехника и технология специальных материалов» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), [r.akpanbayev@satbayev.university](mailto:r.akpanbayev@satbayev.university); <https://orcid.org/0000-0003-3566-4563>

## Авторлар туралы мәліметтер:

**Әкбаров М.С.**, Satbayev University, «Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасының докторанты (Алматы қ., Қазақстан)

**Чернышова О.В.**, техника ғылымдарының кандидаты, Россия технологиялық университеті, М.В. Ломоносов атындағы химиялық технологиялар институты, К.А. Большаков атындағы «Химия және сирек және шашыранды элементтер, наноразмерлі және композициялық материалдар» кафедрасының доценті (Мәскеу қ., Ресей)

**Усольцева Г.А.**, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Satbayev University «Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

**Ақпанбаев Р.С.**, техника ғылымдарының кандидаты, Satbayev University, «Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасының аға ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан)

## Information about authors:

**Akbarov M.S.**, Doctoral Student at the Department «Metallurgical Processes, Heat Engineering and Technology of Special materials» of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

**Chernyshova O.V.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Chemistry and Technology of Rare and Scattered Elements, Nanoscale and Composite Materials named after K.A. Bolshakov of the M.V. Lomonosov Institute of Fine Chemical Technologies of the Russian Technological University (Moscow, Russia)

**Ussoltseva G.A.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department «Metallurgical Processes, Heat Engineering and Technology of Special Materials» of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

**Akpanbayev R.S.**, PhD, Senior Researcher at the Department «Metallurgical Processes, Heat Engineering and Technology of Special materials» of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Международный конгресс и выставка



## ГОРНОРУДНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ УЗБЕКИСТАНА И ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

13-14 ДЕКАБРЯ 2022, ТАШКЕНТ, УЗБЕКИСТАН



VOSTOCK CAPITAL  
— 20 лет успеха —

### ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР



ГАЗПРОМБАНК

## КЛЮЧЕВЫЕ МОМЕНТЫ МЕРОПРИЯТИЯ:

### 200+ РУКОВОДИТЕЛЕЙ КЛЮЧЕВЫХ ГОРНОРУДНЫХ КОМПАНИЙ

Узбекистана и стран Центральной Азии, инициаторы инвестиционных проектов, компании-разработчики и производители оборудования и технологий для предприятий, международные инвесторы

**25+ КРУПНЕЙШИХ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ:** строительство ГОКов, модернизация, расширение мощностей и освоение новых месторождений

**40+ ДОКЛАДЧИКОВ** и участников дискуссий: представители проектов, регуляторные органы, ведущие эксперты отрасли

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ В ТЕХНОЛОГИЯХ** и технике для горной добычи - презентация нового оборудования и передовых решений для индустрии

### 30+ ЧАСОВ ДЕЛОВОГО И НЕФОРМАЛЬНОГО ОБЩЕНИЯ:

встречи один-на-один по заранее согласованному графику, деловые обеды, кофе-брейки, интерактивные дискуссии, коктейльный прием и многое другое

**ФОКУС-СЕССИЯ: ИНВЕСТИЦИОННАЯ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ** Узбекистана и стран Центральной Азии: потенциал роста горнорудного сектора, привлечение иностранных инвестиций в регион, государственная поддержка и регулирование отрасли

**ВАЖНО!**  
Энергетическая и экологическая эффективность горнорудных предприятий

**ИННОВАЦИИ В ГЕОЛОГИИ:**  
разведка и доработка рудных месторождений

### АКТУАЛЬНО!

Производительность обогатительных фабрик: совершенствование процессов обогащения и интеграция лучших технологий

**CASE-STUDY:** Стратегии и практики по привлечению международного финансирования проектов

**ФОРМАТ КРУГЛЫХ СТОЛОВ:**  
позволяет обсудить и выработать решения наиболее острых проблем Специализированная выставка технических, технологических и сервисных решений от лидеров отрасли

### СРЕДИ ПОСТОЯННЫХ УЧАСТНИКОВ МЕРОПРИЯТИЙ



ERG



ArcelorMittal



KAZAKHMYS



Код МРНТИ 87.23.91

\*Д.Б. Муратханов, И.К. Рахметов

Товарищество с ограниченной ответственностью «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина» (г. Алматы, Казахстан)

## ЭКОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ТОРАНГАЛЫКСКОГО ЗАЛИВА С ПРОВЕДЕНИЕМ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО ОПРОБОВАНИЯ

**Аннотация.** В статье приводятся результаты исследования, проведенного с целью изучения современного состояния и проведения мониторинга в районе залива Торангалык. Рекогносцировка на местности позволила оценить достоверность инженерно-геологической информации, накопленной о районе и конкретизировать аспекты, отсутствующие в ней. Были проведены работы по рекогносцировочному, экологическому и гидрогеологическому обследованию с выполнением гидрохимического опробования в наблюдательных точках. В состав эколого-гидрогеологических исследований входят: описание геологического строения, геоморфологии и гидрогеологических условий участка; оценка современного экологического состояния участка; оценка геологических рисков; прогнозы изменения режима подземных вод; отслеживание динамики изменения геологической среды под влиянием техногенных воздействий.

**Ключевые слова:** рекогносцировочный маршрут, пруд-накопитель, микроэлементы, техногенные воздействия, переработка, добыча, концентрация, гидрогеологический район.

### Торангалық шығанағының гидрохимиялық сынамаға жүргізумен экологиялық-гидрогеологиялық жағдайы

**Аңдатпа.** Мақалада Торангалық шығанағы аймағындағы қазіргі жағдайды зерделеу және мониторингтік зерттеулер жүргізу мақсатында жүргізілген зерттеу нәтижелері сипатталған. Бақылау пункттерінде гидрохимиялық сынамаға барлау, экологиялық және гидрогеологиялық зерттеулер бойынша жұмыстар жүргізілді. Жердегі барлау аудан туралы жинақталған инженерлік-геологиялық ақпараттың сенімділігін бағалауға және ондағы жетіспейтін тұстарды нақтылауға мүмкіндік берді. Экологиялық және гидрогеологиялық зерттеулердің құрамына: учаскенің геологиялық құрылымын, геоморфологиясын және гидрогеологиялық жағдайын сипаттау; зерттеу нысанының қазіргі экологиялық жағдайын бағалау; геологиялық тәуекелдерді бағалау; жер асты сулары режимінің өзгерістерінің болжамдары; техногендік әсерлердің әсерінен геологиялық ортаның өзгеру динамикасын қадағалау.

**Түйінді сөздер:** барлау жолы, қоймалық тоған, микроэлементтер, антропогендік әсерлер, өңдеу, алу, концентрация, гидрогеологиялық аймақ.

### Ecological and hydrogeological condition of the Torangalyk Bay with hydrochemical testing

**Abstract.** The article describes the results of a study conducted to study the current state and conduct monitoring studies in the Torangalyk Bay area. Works were carried out on reconnaissance, environmental and hydrogeological surveys with hydrochemical testing at observation points. Reconnaissance on the ground made it possible to assess the reliability of engineering and geological information accumulated about the area and to specify the aspects that are missing in it. The composition of ecological and hydrogeological studies includes: description of the geological structure, geomorphology and hydrogeological conditions of the site; assessment of the current ecological state of the research site; assessment of geological risks; forecasts of changes in the groundwater regime; tracking the dynamics of changes in the geological environment under the influence of man-made impacts.

**Key words:** reconnaissance route, storage pond, microelements, macrocomponents, anthropogenic impacts, processing, extraction, concentration, hydrogeological area, dynamics of change.

### Введение

Балхашская промышленная площадка расположена на северо-западном побережье оз. Балхаш и примыкает непосредственно к заливу Торангалык на запад от г. Балхаш, в южной части Центрально-Казахстанского мелкосопочника (рис. 1). Любой эксплуатируемый разрабатываемый участок горных работ логично рассматривать как особо сложную природно-техногенную систему, характеристики которой определяются всей совокупностью взаимосвязанных естественных и антропогенных факторов, обусловленных влиянием естественной среды и эксплуатацией инженерных сооружений. Характеристики изменений окружающей среды

невозможна без соответствующего мониторинга подземных вод<sup>1</sup>.

### Особенности исследуемого района

**Климат** района резко континентальный и засушливый. В холодный период года район подвержен обычно воздействию континентальных воздушных масс Сибирского антициклона, что обуславливает преимущественно морозную погоду.

**Атмосферные осадки.** Средняя годовая сумма атмосферных осадков на северном побережье озера колеблется в пределах 126-143 мм. Количество осадков зимне-весеннего периода (с ноября по март месяц) изменяется от 11 до 17 мм. На территории Северного Прибалхашья и на самом озере

преобладают ветры северо-восточного направления: 35% на метеостанции Балхаш (рис. 2, 3) и 30% на метеостанции Алгазы остров. Наиболее редки потоки северо-западного и юго-восточного направлений (4-5% от общего числа случаев).

**Рельеф.** Рассматриваемая территория относится к северной части Прибалхашской равнины. Северное Прибалхашье представляет собой южную окраину Казахского мелкосопочника. Средняя высота 400-500 м. Рельеф преимущественно равнинный с отдельными сопками, холмами, увалами, пересеченными долинами сухих логов и пересыхающих рек. Техногенные формы рельефа, получившие широкое развитие севернее береговой зоны залива Торангалык, представлены

<sup>1</sup>Смоляр В.А., Мустафаев С.Т. Гидрогеология бассейна озера Балхаш. – Алматы: Гылым, 2007. – 352 с.

гидроотвалами хвостового хозяйства обогатительной фабрики, грунтовыми карьерами и т.д. Необходимо отметить наличие на хвостохранилище эоловых форм рельефа<sup>2</sup> [1].

**Гидрография.** Гидрографическая сеть района принадлежит бассейну замкнутого бессточного озера Балхаш и расположена на южном склоне главного Центрально-Казахстанского водораздела. Озеро Балхаш – крупный бессточный бассейн континентального типа, расположенный в наиболее низкой части Балхашской впадины на высоте 340 м. Озеро представляет собой длинный и узкий водоем с площадью акватории 15500 км<sup>2</sup>. Уровень воды озера Балхаш, как и других бессточных озер полуаридной зоны, испытывает многолетние крупномасштабные и вековые циклические колебания, обусловленные колебаниями климата.

**Побережье озера Балхаш.** Аккумулятивный дельтовый берег низкий и пологий. Береговая полоса, шириной в 1-5 км, заболочена и заросла камышом. Вдоль береговой линии тянется с перерывом современный береговой вал. Высота его 2-3 м, ширина незначительная (15-25 мм). Далее за береговым валом следуют отложения первой и второй озерных террас. Ширина первой озерной террасы достигает 1,8 км, второй 1,2 км [2].

### Гидрогеологические условия района работ

Специфическими особенностями подземных вод района работ являются: полустойкий водный режим, обуславливающий повышенную степень минерализации, слабая дренированность территории и почти повсеместно – сульфатный тип минерализации. Вместе с тем, на этом фоне выделяется крупный высокопроизводительный водоносный горизонт, содержащий высококачественные подземные воды с низкой минерализацией. В пределах исследованной территории подземные воды связаны почти со всеми развитыми в районе

литолого-стратиграфическими комплексами пород. В соответствии с геологическим строением в районе выделяются два типа подземных вод; в рыхлых кайнозойских и в плотных палеозойских образованиях. Описание водоносных горизонтов и комплексов приводится в порядке их стратиграфической принадлежности, сверху вниз [2, 3].

**Водоносный четвертичный озерно-аллювиальный, делювиально-пролювиальный горизонт ( $aldpQ$ )** приурочен к песчано-гравийным и гравийно-галечным линзам и прослоям, залегающим среди супесей и глин. Уровень грунтовых вод залегают преимущественно на глубинах от 0,5 м до 1,1 м. Водообильность горизонта невысокая – дебиты скважин не превышают 0,5 л/с, преимущественно изменяясь от сотых до десятых долей литра в секунду. По химическому составу воды преимущественно сульфатные натриевые с величиной общей минерализации от 5 г/л до 46,4 г/л.

**Водоносный горизонт аллювиальных верхнеплиоценовых – современных отложений ( $alN_2^3Q_{IV}$ ).** Аллювиальные и озерные верхнеплиоценовые-современные отложения распространены вдоль северного и южного побережья оз. Балхаш, а также под озером. Скважинами вскрыты по побережью озера сверху мелкозернистые пески мощностью 1,0-8,5 м, ниже наблюдается типичное переслаивание песков, гравия, глин<sup>3</sup>.

**Подземные воды вулканогенно-осадочной турнейской-среднекаменноугольной зоны открытой трещиноватости ( $C_1t-C_2$ ).** Данные образования значительно распространены в центральной части изучаемой территории. Представлены они альбитофирами, дацитовыми порфирами и песчаниками, алевролитами, туфопесчаниками с линзами известняков и конгломератов. Все породы обладают довольно хорошо развитой трещиноватостью, однако трещины нередко бывают заполнены глинистыми продуктами

выветривания или залечены кварцем и кальцитом.

**Подземные воды зоны открытой трещиноватости фаменских отложений ( $D_3fm$ ).** Породы фаменского яруса не имеют широкого распространения для территории объекта изучения. Они обнажаются небольшими блоками по всей площади и представлены песчаниками, алевролитами, реже покровами эффузивов с редкими линзами известняков. Породы с поверхности выветрены, трещиноваты. Трещины, секущие породы, чаще бывают заполнены продуктами выветривания. Или залечены кварцем и кальцитом, реже – открыты. Ширина трещин – 0,001-0,12 м. Ориентированы они в различных направлениях.

**Насыпные техногенные образования ( $tQ_{IV}$ )** сформировались в процессе эксплуатации хвостовых и шламовых хозяйств. Они представлены намывными грунтами. Первое десятилетие эксплуатации обогатительной фабрики хвосты сбрасывались непосредственно в залив Торангалык [4].

### Результаты лабораторных исследований

**Рекогносцировочное обследование участка.** Для забора проб в наблюдательных точках, представленных мониторинговыми скважинами, проводились замер

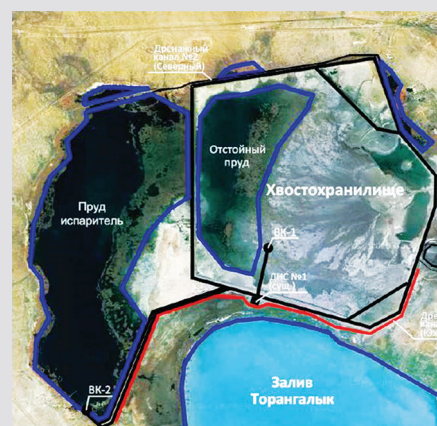


Рис. 1. Обзорная карта района работ.

Сурет 1. Зерттеу аймағының картасы.

Figure 1. Survey area map.

<sup>2</sup>Жирков В. Реконструкция дренажного канала №1 с устройством вертикального дренажа на хвостохранилище цеха складирования хвостов Балхашской обогатительной фабрики: рабочий проект. – Караганда: ТОО НИЦ «Биосфера Казахстан», 2016.

<sup>3</sup>Жирков В. Отчет по мониторингу подземных вод. – Караганда: ТОО НИЦ «Биосфера Казахстан», 2019.

уровня и прокачка с последующим отбором и передачей проб на лабораторные исследования. Отбор проб производился из хвостохранилища, пруда-накопителя и оз. Балхаш. По результатам рекогносцировочного обследования были определены точки отбора проб по признакам фактического или потенциального влияния. Участок исследований расположен в юго-западной части г. Балхаш, административно отнесен к Карагандинской области, на северном берегу оз. Балхаш (46° северной широты), в промышленной зоне Балхашской обогатительной фабрики, площадью порядка 35 км<sup>2</sup> [5]. Кроме того, в результате

обследования проведена экологическая оценка степени загрязнения участка путем исследования поверхностных вод и растительного покрова на наличие явных признаков загрязнений.

Отбор проб поверхностных и подземных вод. Для всех проб был выполнен сокращенный химический анализ воды, а также оценка содержания металлов в воде.

Всего в пределах залива Торанглык произведен отбор проб: фильтрационных вод дренажного канала хвостохранилища (10 проб в 5 наблюдательных точках); осветленной оборотной воды хвостового хозяйства (пруд-испаритель – 1 точка, 2 пробы); воды пруда-отстойника

(1 точка, 2 пробы); поверхностная вода оз. Балхаш (5 точек, 10 проб), из наблюдательных скважин (14 шт. – 28 проб).

По проведенным работам, в числе которых рекогносцировочное, гидрогеологическое и экологическое обследование территории исследований с гидрохимическим опробованием из точек наблюдения (поверхностные воды озера Балхаш, мониторинговые скважины, хвостохранилище, пруд-накопитель, дренажные каналы), проведена оценка влияния хвостового хозяйства на состояние подземных и поверхностных вод.

Поверхностные воды оз. Балхаш. Результаты лабораторных исследований поверхностных вод оз. Балхаш свидетельствуют о типичном для данного региона составе поверхностных источников. По содержанию макрокомпонентов величина водородного показателя рН варьирует в пределах 8,30-8,59 и является слабощелочной в отношении состояния кислотно-щелочного баланса. По химическому составу воды хлоридно-сульфатные магниевые-натриевые с величиной минерализации от 1,6 г/л до 2,1 г/л.

Содержание микрокомпонентов: железо – 0,2-6,67 мг/л (превышение в 1-22,3 ед. ПДК); кадмий – 0,0037-0,0178 мг/л (превышение в 3,7-17,8 ед. ПДК); марганец – 0,01-0,03 мг/л (при ПДК, равном 0,1); медь – 0,01-0,03 мг/л (при ПДК, равном 1,0); свинец – 0,04-0,21 мг/л (превышение в 1,3-7,0 ед. ПДК); цинк – 0,01-0,04 мг/л (при ПДК, равном 5,0); мышьяк и селен не превышают 0,01; цианиды – менее 0,005 [4, 5].

Фильтрационные воды дренажного канала. Результаты геохимического опробования отобранных в пяти точках по линии дренажного канала образцов свидетельствуют о нейтральных водах с величиной содержания рН 7,32-7,7. Минерализация в пробах воды варьирует в диапазоне 5,1-11,48 г/л; по анионно-катионному составу вода хлоридно-сульфатная магниевые-кальциевые-натриевые. Содержание микрокомпонентов: железо – 0,1-2,5 мг/л (превышение в 8,33 ед. ПДК); кадмий – 0,01-0,03 мг/л

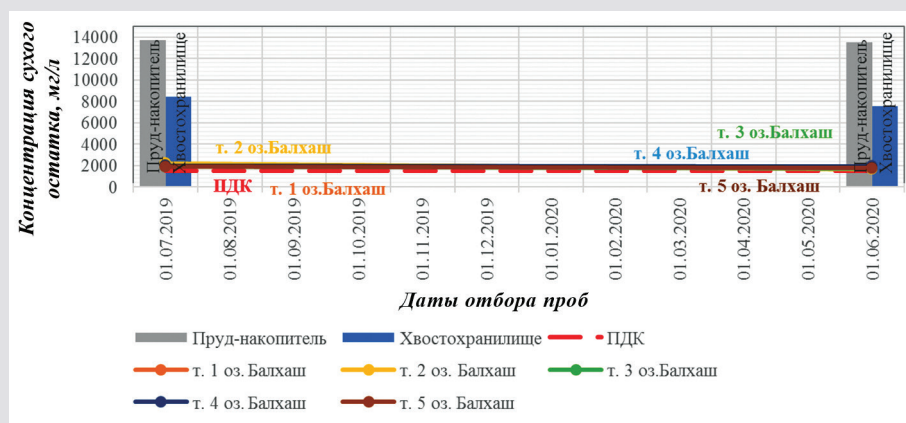


Рис. 2. Величина сухого остатка и водородного показателя в пробах воды из озера Балхаш.

Сурет 2. Балқаш көлінен алынған су үлгілеріндегі құрғақ қалдық пен сутегі мәні.

Figure 2. The value of dry residue and hydrogen in water samples from Lake Balkhash.

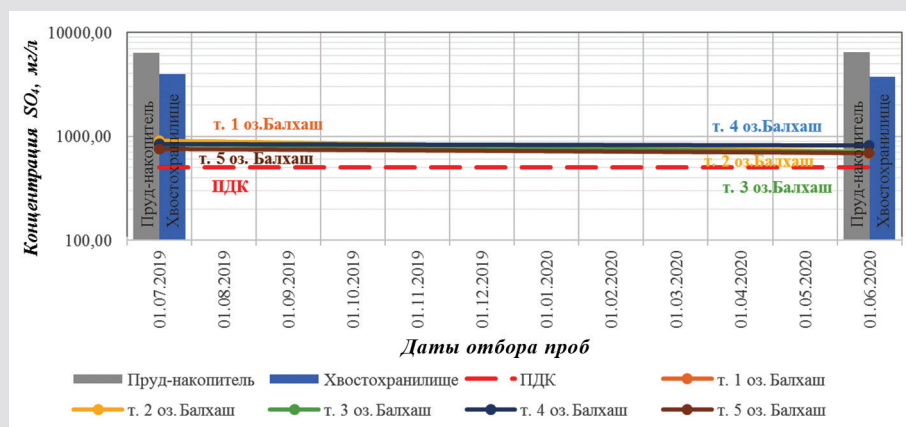


Рис. 3. Величина содержания основных макрокомпонентов в пробах воды из озера Балхаш.

Сурет 3. Балқаш көлінің су үлгілеріндегі негізгі макрокомпоненттер құрамының мәні.

Figure 3. The value of the content of the main macrocomponents in water samples from Lake Balkhash.

(превышение в 10,0-30,0 ед. ПДК); марганец – 0,67-4,81 мг/л (превышение в 6,7-48,1 ед. ПДК); медь – 0,01-0,1 мг/л (при ПДК, равном 1,0); свинец – 0,09-0,27 мг/л (превышение в 3,0-9,0 ед. ПДК); цинк – 0,03-0,5 мг/л (при ПДК, равном 5,0); мышьяк и селен не превышают 0,01; цианиды – менее 0,005.

*Воды пруда-накопителя.* Результаты лабораторных исследований проб воды из пруда-накопителя показывают рН, равный 7,68-8,07, и относятся к нейтральному типу. Величина минерализации проб воды находится в значениях 13,93-22,7 г/л, по анионно-катионному составу воды пруда-накопителя хлоридно-сульфатные кальциево-натриевые. В образцах воды выявлено следующее содержание микрокомпонентов: железо – 0,1-0,3 мг/л (при ПДК, равном 0,3 мг/л); кадмий – 0,00066-0,027 мг/л (превышение в 27,0 ед. ПДК); марганец – 0,04-0,1 мг/л (ПДК 0,1 мг/л); медь – 0,02-0,08 мг/л (при ПДК, равном 1,0 мг/л); свинец – 0,001-0,23 мг/л (превышение ПДК в 7,6 ед.); цинк – 0,08-0,7 мг/л (при ПДК, равном 5,0); мышьяк – 0,01 мг/л; селен – не более 0,0024-0,03 (превышение в 3 ед. ПДК); цианиды – менее 0,005 [6].

*Воды хвостохранилища.* Результаты геохимического опробования образцов вод из хвостохранилища свидетельствуют о наличии нейтральных по типу вод; величина рН – в значениях 7,43-7,72. Минерализация вод хвостохранилища находится в пределах 7,5-8,59 г/л, по анионно-катионному составу воды хвостохранилища относятся к хлоридно-сульфатным кальциево-натриевым. Содержание микрокомпонентов: железо – 0,35-0,75 мг/л (превышение в 0,8-2,5 ед. ПДК); кадмий – 0,02-0,09 мг/л (превышение в 20,0-90,0 ед. ПДК); марганец – 2,35-23,2 мг/л (превышение ПДК 23,5-232 ед.); медь – 0,05-0,32 мг/л (при ПДК, равном 1,0 мг/л); свинец – 0,06-0,29 мг/л (превышение в 2,0-9,6 ед. ПДК); цинк – 0,06-0,15 мг/л

(при ПДК, равном 5,0); мышьяк – 0,01 мг/л; селен не превышает 0,002-0,005 (при ПДК 0,01); цианиды – менее 0,005 [7].

*Мониторинговые скважины.* Лабораторные исследования мониторинговых скважин показали достаточно широкий диапазон значений рН по мониторинговой области от 3,15 по скв. №66-12 до 9,85 по скв. №30-ФОН. Среднее значение рН по скважинам 6,9. Воды кислые в пробах из скважин №66-12, №50-12; щелочные в пробах из скважины №30-ФОН (8,45-9,85), скважины №26 (8,65-9,68); слабощелочные в скважине №58-12 (8,1-8,37). Остальные пробы подземных вод свидетельствуют о нейтральных водах по кислотно-щелочному балансу [8, 9].

Минерализация подземных вод варьирует в пределах от 6,0 г/л до 16,09 г/л. В среднем значение минерализации подземных вод находится в пределах 9-10 г/л. По соотношению анионно-катионного состава подземные воды можно отнести к хлоридно-сульфатным магниево-кальциево-натриевым для большинства скважин. Результаты геохимического опробования по скважине №50-12, которая показала содержание *Fe* 2500 мг/л, было решено исключить из общей статистики исследований, так как водоприток при проведении про-качки практически отсутствовал, что свидетельствует о заилинии фильтров, и, как следствие, об отсутствии возможности получения достоверных результатов<sup>4</sup>.

Анализ мониторинга подземных вод показал содержание микрокомпонентов:

- железа – 0,05-170,0 мг/л; среднее значение по содержанию железа в пробах подземных вод – 68,24 мг/л (превышение 227,4 ед.);

- кадмия – 0,00014-0,0384 мг/л (максимальное превышение в 38,4 ед. ПДК по скв. №59-12); превышение значений концентрации кадмия в пробах подземных вод отмечено практически по всем скважинам и составляет

в среднем 0,01 мг/л (превышение в 10,7 ед. ПДК);

- марганца – 0,0068-15,96 мг/л (максимальное превышение в 159,6 ед. ПДК по скв. № 66-12); фоновое превышение значений марганца на период наблюдений составило 1,48 мг/л (превышение в 14,8 ед. ПДК);

- меди – 0,00014-0,05 мг/л (при ПДК, равном 1,0 мг/л); превышений по данному микрокомпоненту по результатам геохимических опробований не выявлено;

- свинца – 0,00013-0,32 мг/л (максимальное превышение в 10,86 ед. ПДК по скв. №68-12); среднее значение превышений в пробах подземных вод составило 0,07 мг/л (2,39 ед. ПДК);

- цинка – 0,004-0,77 мг/л (при ПДК, равном 5,0 мг/л); превышения содержания цинка в пробах подземных вод по результатам мониторинговых исследований не было обнаружено;

- мышьяка < 0,005-0,01 мг/л (при ПДК, равном 0,05 мг/л); превышения содержания мышьяка в пробах подземных вод по результатам геохимических опробований не выявлено;

- селен – не превышает 0,002-0,01 мг/л (при ПДК 0,01 мг/л), превышения концентраций селена в пробах подземных вод не обнаружено;

- цианиды – менее 0,005 мг/л по результатам опробований из всех скважин.

#### **Заключение**

По результатам гидрохимического опробования отобранные образцы вод были направлены в аккредитованную химическую лабораторию института, где были получены результаты лабораторных исследований на содержание основных макро- и микрокомпонентов (сокращенный химический анализ) и тяжелых металлов. Результаты лабораторных исследований позволили оценить фактическое состояние поверхностных и подземных вод на исследуемой территории на текущий период.

<sup>4</sup>Смоляр В.А., Бузов Б.В. и др. *Водные ресурсы Казахстана (поверхностные и подземные воды, современное состояние): справочник.* – Алматы: НИЦ «Гылым», 2002. – 596 с.

Кроме того, было проведено сравнение результатов геохимического опробования с результатами ранее проведенных мониторинговых исследований. На основании выполненных работ требуется создание дополнительных створов наблюдательных скважин по направлению движения подземных вод от дренажного канала до оз. Балхаш. Для уточнения фактического распространения загрязняющих

веществ необходим мониторинг донных отложений в прибрежной части оз. Балхаш. Для обеспечения водопритока в ствол скважин и ведения качественного мониторинга подземных вод на объекте необходимо произвести чистку фильтровой части ранее пробуренных мониторинговых скважин. Анализ и обобщение материалов ранее выполненных работ, а также обработка данных рекогносцировочного

обследования и результатов химико-аналитических работ позволили определить, что, если не произойдет изменения гидрогеологических условий в течение 10 лет, то загрязняющие вещества из хвостохранилища попадут в оз. Балхаш. Сооружения дренажных скважин в районе пруда-накопителя не требуется, поскольку ореол загрязнения не достигнет оз. Балхаш в течение прогнозного периода.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Tilekova Zh.T., Oshakbaev M.T., Khaustov A.P. Оценка геоэкологического состояния Прибалхашья. // География и природные ресурсы. – 2016. – С. 79-86 (на английском языке)
2. Mukhamedzhanov M.A., Rakhimov T. A., Rakhmetov I.K., Muratkhanov D.B. Рекомендации по предотвращению, устранению и смягчению негативного воздействия климатических изменений на подземные воды Казахстана. // 20-я Международная междисциплинарная научная геоконференция SGEM. – София (Болгария), 2020. – Т. 20. – Изд. 1.1. – С. 707-714 (на английском языке)
3. Mukhamedzhanov M.A., Rakhimov T.A., Rakhmetov I.K., Muratkhanov D. Проблема обеспечения питьевой водой населения Мангистауской и Западно-Казахстанской областей. // 20-я Международная междисциплинарная научная геоконференция SGEM. – София (Болгария), 2020. – Т. 20. – Изд. 1.1. – С. 693-700 (на английском языке)
4. Mukhamedzhanov M.A., Arystanbaev Ya.U., Kazanbaeva L. M., Nurgaziyeva A.A., Rakhmetov I.K. Подземные питьевые воды Казахстана и проблемы их загрязнения. // Международная междисциплинарная научная геоконференция SGEM. – София (Болгария), 2018. – Т. 18. – Изд. 1.2. – С. 743-750 (на английском языке)
5. MacKinnon B.D., Sagin J., Baulch H.M., Lindenschmidt K.-E., Jardine T.D. Влияние гидрологической связности на зимнюю лимнологию в пойменных озерах дельты реки Саскачеван, Саскачеван. // Канадский журнал рыболовства и водных наук. – 2016. – Т. 73. – №1. – С. 140-152 (на английском языке)
6. Yariyev V., Sagintayev Z., Verhoef A., Kassymbekova A., Baigaliyeva M., Zhumabayev D., Malgazhdar D., Abudanash D., Ongdas N., Jumassultanova S. Изменяющийся круговорот воды: Национальный природный парк «Бурабай», Северный Казахстан. // WIREs Water. – 2017. – Вып. 4. – С. e1227 (на английском языке)
7. Jawadi H.A., Sagin J., Snow D.D. Детальная оценка качества подземных вод в бассейне Кабула, Афганистан, и их пригодности для будущего развития. // Вода. – 2020. – №12(10). – С. 2890 (на английском языке)
8. Issayeva L., Togizov K., Duczmal-Czernikiewicz A., Kurtmangazhina M., Muratkhanov D. Рудоконтролирующие факторы как основа выделения перспективных участков в пределах Сырымбетского редкометального месторождения, Северный Казахстан. // Разработка месторождений полезных ископаемых. – 2022. – Т. 16. – №2. – С. 14-21 (на английском языке)
9. Abid M., Abid Z., Sagin J., Murtaza R., Sarbassov D., Shabbir M. Перспективы плавучей фотоэлектрической технологии и ее внедрение в странах Центральной и Южной Азии. // Международный журнал экологических наук и технологий. – 2019. – Т. 16. – С. 1755-1762 (на английском языке)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Tilekova Zh.T., Oshakbaev M.T., Khaustov A.P. Балқаш өңірінің геоэкологиялық жағдайын бағалау. // География және табиғи ресурстар. – 2016. – Б. 79-86 (ағылшын тілінде)

2. Mukhamedzhanov M.A., Rakhimov T. A., Rakhmetov I.K., Muratkhanov D.B. Қазақстандағы жер асты суларына теріс әсер ететін климаттық өзгерістердің алдын алу, жою және жұмсарту бойынша ұсыныстар. // SGEM 20-шы халықаралық пәнаралық ғылыми геоконференция. – София (Болгария), 2020. – Т. 20. – Басылым 1.1. – Б. 707-714 (ағылшын тілінде)
3. Mukhamedzhanov M.A., Rakhimov T.A., Rakhmetov I.K., Muratkhanov D. Маңғыстау және Батыс Қазақстан облыстарының тұрғындарын ауыз сумен қамтамасыз ету мәселесі. // SGEM 20-шы халықаралық пәнаралық ғылыми геоконференция. – София (Болгария), 2020. – Т. 20. – Басылым 1.1. – Б. 693-700 (ағылшын тілінде)
4. Mukhamedzhanov M.A., Arystanbaev Ya.U., Kazanbaeva L. M., Nurgaziyeva A.A., Rakhmetov I.K. Қазақстанның жер асты ауыз суы және олардың ластану проблемалары. SGEM 18-шы халықаралық пәнаралық ғылыми геоконференция. – София (Болгария), 2018. – Т. 18. – Басылым 1.2. – Б. 743-750 (ағылшын тілінде)
5. MacKinnon B.D., Sagin J., Baulch H.M., Lindenschmidt K.-E., Jardine T.D. Гидрологиялық байланыстың Саскачеван атырауының жайылма көлдеріндегі қысқы лимнологияға әсері, Саскачеван. // Канадалық балық шаруашылығы және су ғылымдары журналы. – 2016. – Т. 73. – №1. – Б. 140-152 (ағылшын тілінде)
6. Yapiyev V., Sagintayev Z., Verhoef A., Kassymbekova A., Baigaliyeva M., Zhumabayev D., Malgazhdar D., Abudanash D., Ongdas N., Jumassultanova S. Су айналымының өзгеруі: Бурабай ұлттық табиғи саябағы, Солтүстік Қазақстан. // WIREs Water. – 2017. – Шығ. 4. – Б. e1227 (ағылшын тілінде)
7. Jawadi H.A., Sagin J., Snow D.D. Кабул бассейніндегі жер асты суларының сапасын егжей-тегжейлі бағалау, Ауғанстан, және болашақта суды игеру үшін жарамдылық. // Су. – 2020. – №12(10). – Б. 2890 (ағылшын тілінде)
8. Issayeva L., Togizov K., Duczmal-Czernikiewicz A., Kurmangazhina M., Muratkhanov D. Сырымбет сирек металдар кен орнында келешегі бар учаскелерді бөліп алудың негізі ретінде руданы бақылау факторлары, Солтүстік Қазақстан. // Пайдалы қазбалар кен орындарын өндіру – 2022. – Т. 16. – №2. – Б. 14-21 (ағылшын тілінде)
9. Abid M., Abid Z., Sagin J., Murtaza R., Sarbassov D., Shabbir M. Қалқымалы фотоэлектрлік технологияның болашағы және оны Орталық және Оңтүстік Азия елдерінде енгізу. Қоршаған ортаны қорғау ғылымы мен технологиясының халықаралық журналы. – 2019. – Т. 16. – Б. 1755-1762 (ағылшын тілінде)

## REFERENCES

1. Tilekova Zh.T., Oshakbaev M.T., Khaustov A.P. Assessment of the geoecological state in the Balkhash region. // Geography and natural resources. – 2016. – P. 79-86 (in English)
2. Mukhamedzhanov M.A., Rakhimov T. A., Rakhmetov I.K., Muratkhanov D.B. Recommendations for prevention, elimination and mitigation of the negative impact of climate change on groundwater in Kazakhstan. // 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. – Sofia (Bulgaria), 2020. – Vol. 20. – Issue. 1.1. – P. 707-714 (in English)
3. Mukhamedzhanov M.A., Rakhimov T.A., Rakhmetov I.K., Muratkhanov D. Problem of drinking water supply to population of mangistau and west-kazakhstan regions. // 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. – Sofia (Bulgaria), 2020. – Vol. 20. – Issue. 1.1. – P. 693-700 (in English)
4. Mukhamedzhanov M.A., Arystanbaev Ya.U., Kazanbaeva L. M., Nurgaziyeva A.A., Rakhmetov I.K. Underground drinking water of Kazakhstan and problems of their contamination. // 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. – Sofia (Bulgaria), 2018. – Vol. 18. – Issue. 1.2. – P. 743-750 (in English)
5. MacKinnon B.D., Sagin J., Baulch H.M., Lindenschmidt K.-E., Jardine T.D. Influence of hydrological connectivity on winter limnology in floodplain lakes of the Saskatchewan River Delta, Saskatchewan. // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 2016. – Vol. 73. – №1. – P. 140-152 (in English)
6. Yapiyev V., Sagintayev Z., Verhoef A., Kassymbekova A., Baigaliyeva M., Zhumabayev D., Malgazhdar D., Abudanash D., Ongdas N., Jumassultanova S. The changing water cycle: Burabay National Nature Park, Northern Kazakhstan. // WIREs Water. – 2017. – Vol. 4. – P. e1227 (in English)

7. *Jawadi H.A., Sagin J., Snow D.D. Detailed Assessment of Groundwater Quality in the Kabul Basin, Afghanistan, and Suitability for Future Development. // Water. – 2020. – №12(10). – P. 2890. (in English)*
8. *Issayeva L., Togizov K., Duczmal-Czernikiewicz A., Kurmangazhina M., Muratkhanov D. Ore-controlling factors as the basis for singling out the prospective areas within the Syrymbet rare-metal deposit, Northern Kazakhstan. // Mining of Mineral Deposits – 2022. – Vol. 16. – Issue 2. – P. 14-21 (in English)*
9. *Abid M., Abid Z., Sagin J., Murtaza R., Sarbassov D., Shabbir M. Prospects of floating photovoltaic technology and its implementation in Central and South Asian Countries. // International Journal of Environmental Science and Technology. – 2019. – Vol. 16. – P. 1755-1762 (in English)*

**Сведения об авторах:**

**Муратханов Д.Б.**, PhD докторант кафедры гидрогеологии, инженерной и нефтегазовой геологии Satbayev University (г. Алматы, Казахстан); младший научный сотрудник лаборатории региональной гидрогеологии и геоэкологии Товарищества с ограниченной ответственностью «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина» (г. Алматы, Казахстан), *d.muratkhanov@satbayev.university*; <https://orcid.org/0000-0003-4825-7692>

**Рахметов И.К.**, младший научный сотрудник лаборатории региональной гидрогеологии и геоэкологии Товарищества с ограниченной ответственностью «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина» (г. Алматы, Казахстан), *issa-92@mail.ru*; <https://orcid.org/0000-0002-6269-7734>

**Авторлар туралы мәліметтер:**

**Мұратханов Д.Б.**, Satbayev University гидрогеология, инженерлік және мұнайгаз геология кафедрасының PhD докторанты (Алматы қ., Қазақстан); «У.М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты» жауапкершілігі шектеулі серіктестігінің өңірлік, гидрогеология және геоэкология зертханасының кіші ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан)

**Рахметов И.К.**, «У.М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты» жауапкершілігі шектеулі серіктестігінің өңірлік, аймақтық гидрогеология және геоэкология зертханасының кіші ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан)

**Information about the authors:**

**Muratkhanov D.B.**, PhD Student at the Department of Hydrogeology, Engineering and Petroleum Geology of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan); Junior Researcher at the Laboratory of Regional Hydrogeology and Geoecology of the Limited Liability Partnerships «Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U.M. Akhmedsafin» (Almaty, Kazakhstan)

**Rakhmetov I.K.**, Junior Researcher at the Laboratory of Regional hydrogeology and geoecology of the Limited Liability Partnerships «Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U.M. Akhmedsafin» (Almaty, Kazakhstan)

*Работа выполнена в рамках программы «Тепло-энергетический, минерально-сырьевой и лечебно-оздоровительный потенциал термоминеральных и промышленных подземных вод Казахстана. Оценка состояния и тенденций изменения гидрогеохимических показателей подземных вод под влиянием природно-климатических изменений и антропогенных нагрузок» (Грант № BR10262555).*

*Мы высоко отмечаем поддержку Комитета геологии Министерства экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан.*

А.О. Байконурова

*д-р техн. наук, профессор  
Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)*

## ВКЛАД АКАДЕМИКА БАЙКОНУРОВА В ПОДГОТОВКУ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭЛИТЫ КАЗАХСТАНА

*Академик академии наук Казахской ССР, доктор технических наук, профессор Омирхан Аймагамбетович Байконуров – крупный горный инженер и организатор производства, выдающийся ученый-энциклопедист в области разработки месторождений полезных ископаемых, фундаментальные труды которого получили широкое признание со стороны мировой научной общественности, являлся блестящим педагогом и воспитателем студенческой молодежи.*

Сын рабочего О.А. Байконуров по рекомендации академика К.И. Сатпаева в 1935 г. поступил в Казахский горно-металлургический институт, который окончил в 1941 г., получив квалификацию горного инженера.

В годы Великой отечественной войны он работал на рудниках Жезказгана, пройдя путь от сменного мастера до начальника шахтоуправления. В этот период он много сделал для совершенствования технологии и техники добычи руд, организации горного производства, становления Жезказганского комбината как флагмана цветной металлургии.

В 1952 г. Байконуров – руководитель производства, один из первых выпускников Казахского горно-металлургического института – возглавил его, и с этого момента начался новый этап развития высшего технического образования в Казахстане.

В этот период важными организационными вопросами были: укрепление материально-технической базы учебного заведения, строительство нового корпуса института, улучшение бытовых условий студентов, аспирантов и преподавателей.

Омирхан Аймагамбетович во многом опередил свое время. Он прекрасно понимал, что Казахстан – развивающаяся республика, которой будут необходимы специалисты самых разных профилей. Будучи руководителем института, О.А. Байконуров способствовал открытию новых, причем самых необходимых стране специальностей. В КазГМИ появились специальности: строительство, архитектура, нефтяное дело, хотя Казахстан в то время нефтяной державой еще не был. И особенно он ратовал за новые специальности, связанные с автоматикой, вычислительной техникой и информатикой.

Байконуров много сделал для преобразования мононаправленного института в политехнический. Казахский горно-металлургический институт был преобразован в совершенно новый технический вуз в Казахстане – Казахский политехнический институт, который выпустил десятки тысяч специалистов, занимающих ключевые позиции в науке и производстве Казахстана.

День 8 июля 1960 г. вошел в историю института как знаменательная дата. В этот день Казахский

горно-металлургический институт был преобразован в Казахский политехнический институт (КазПТИ). В 1962 г. в КазПТИ насчитывалось уже 45 кафедр, осуществлявших подготовку инженерных кадров по 27 специальностям. Укрепился в количественном и качественном отношении профессорско-преподавательский состав. Занятия вели 20 профессоров и 136 доцентов, контингент студентов вырос до 4150 человек.

За 10 лет административной деятельности О.А. Байконуров создал из относительно небольшого горно-металлургического института, состоящего из трех факультетов, крупнейший центр подготовки инженерных и научных кадров, одно из ведущих высших технических учебных заведений Советского Союза – Казахский политехнический институт. Академик О.А. Байконуров внес неоценимый вклад в формирование и развитие, профессиональный рост технической элиты Казахстана. Во многом благодаря О.А. Байконурову Казахстан обеспечен инженерными кадрами в ведущих областях промышленного производства.

Одним из сложных, но важных организационных преобразований, внесенных Байконуровым в работу института в этот период, было изменение правил приема в вуз для казахской молодежи: приемные экзамены стали проводить на родном языке, что позволило им получить возможность обучаться в ведущем техническом вузе Казахстана. Это нововведение значительно опередило процессы реорганизации высшей школы суверенного государства, которые внедряются в учебный процесс в настоящее время: во всех вузах страны имеются отделения, на которых студенты обучаются на государственном языке.

Академик О.А. Байконуров, имея многолетний опыт работы в горнорудной промышленности, понимал исключительную важность в деле подготовки высококвалифицированных специалистов наличия наставников с богатой практической деятельностью на производстве. Решив проблему обеспечения преподавательского состава жильем, руководство института пригласило на педагогическую работу ряд крупных производственников, таких как М.Ф. Ким, Г.И. Толкушев, А.Т. Филимонов. Для подготовки отечественных кадров было



введено в практику приглашение преподавателей из центральных вузов страны – Москвы, Ленинграда, Свердловска, Уфы, Казани и других городов. В те годы в КазГМИ плодотворно действовали видные ученые страны: геологи, лауреаты Государственной премии СССР, супруги С.Г. и Е.А. Анкиновичи, С.В. Левин, Б.А. Тюрин, Е.Д. Шлыгин, И.И. Бок, Г.В. Медоев; геофизики Б.Г. Бородулин, И.С. Михельсон; металлурги В.Д. Пономарев, Х.К. Авитисян; горняки А.С. Попов, А.В. Бричкин; энергетик С.А. Гескин и многие другие.

Очень скоро на повестке дня остро встал вопрос подготовки научно-педагогических кадров через собственную аспирантуру. И в институте был создан специальный отдел аспирантуры, открыты годичная аспирантура и подготовка аспирантов-соискателей. Таким образом, в процессе подготовки научно-педагогических кадров широко использовались целевая и годичная формы аспирантуры, что уже в скором времени дало хорошие результаты. В 1956 г. по инициативе О.А. Байконурова был организован ученый Совет по приему к защите кандидатских диссертаций, а в 1959 г. – докторских диссертаций по геолого-минералогическим наукам, металлургии и горному делу. О.А. Байконуров единодушно был избран председателем Ученого совета института. Все это способствовало улучшению качества подготовки специалистов и научно-педагогических кадров.

О.А. Байконуров всегда стремился внедрять все то новое, передовое, что предлагала горная наука. Так, в Жезказгане им были проведены работы по организации скоростной проходки выработок, механизации процессов проходки и очистных работ. Впервые на шахтах были широко применены мощные двух- и трехбарабанные скреперные установки, испытаны самоходные буровые, погрузочные и доставочные машины. В шахту были спущены самоходная буровая каретка и электрический самосвал, которые были сконструированы силами рудника под руководством О.А. Байконурова.

О.А. Байконуров, как профессиональный горный инженер, внес свой неоценимый вклад в развитие и обновление всех технологических процессов, начиная от буровзрывных работ, и заканчивая совершенствованием системы разработки для различных условий залегания и мощностей рудного тела. Вся проделанная им работа послужила основой кандидатской диссертации, результаты которой были внедрены в производство. В 1951 г. без отрыва от производства он защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук, научным руководителем которой был видный ученый в области горного дела академик А.С. Попов. О.А. Байконуров предложил новый вариант системы открытого забоя, названный им как «камерно-столбовая система разработки с комбинированной почво-потолкоуступной выемкой с опережающим глубоким бурением скважин». Предложенная система была апробирована Гостехникой СССР с выдачей авторского свидетельства (№11697).

С 1964 г. академик Байконуров стал заведовать кафедрой «Технология комплексной механизации и разработка месторождений полезных ископаемых». Основная его деятельность в период заведования кафедрой была направлена на подготовку специалистов производства и научно-педагогических кадров для высших учебных заведений, проектных и научно-исследовательских организаций. По инициативе академика О.А. Байконурова был введен новый курс «Горная геофизика», позже введенный и в Московском горном институте. В 1970 г. вышла монография «Основы горной геофизики» – основополагающая работа в сфере применения геофизических методов при добыче руд с целью повышения эффективности и безопасности подземных работ.

Он постоянно был занят решением новых теоретических проблем. Вершиной его деятельности является создание единой классификации и методологии выбора способов разработки месторождений полезных ископаемых. В 1969 г. им опубликована монография «Классификация и выбор методов подземной разработки месторождений». Это капитальный труд, в котором обобщены результаты многолетних творческих изысканий и колоссального производственного опыта автора. Матричный метод классификации систем подземной разработки рудных месторождений, впервые изложенный в этой книге, отмечен в Горной энциклопедии. Предложенный им принцип построения классификации, как отмечают видные ученые Российской Федерации академик К.Н. Трубецкой и доктор технических наук, профессор Н.Ф. Замесов, «...является универсальным и емким, подобно периодической системе элементов Д.И. Менделеева, хорошо адаптируется к современным компьютерным методам обработки информации, что намного опередило все известные в этой области научные изыскания».

«Монография профессора О.А. Байконурова, – отмечает выдающийся ученый горной науки академик *М.И. Агошков*, – представляет большое теоретическое исследование, направленное на дальнейшее совершенствование методов подземной разработки месторождений и является, несомненно, значительным вкладом в развитие горной науки».

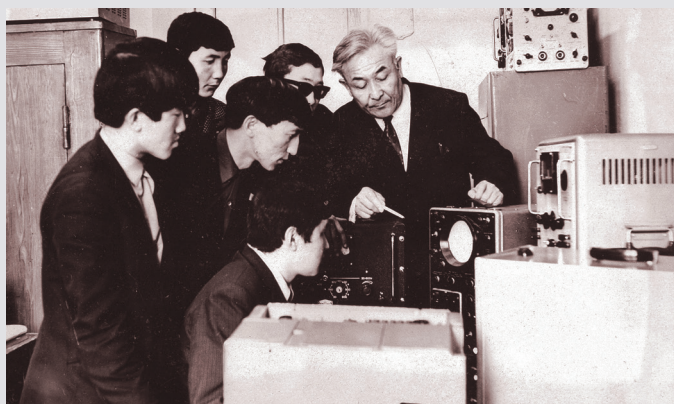
Академик О.А. Байконуров – выдающийся ученый, крупный горный инженер и производственник, прекрасный педагог, посвятивший весь свой талант развитию прогресса горной промышленности и подготовке высококвалифицированных инженерных и научных кадров, является создателем казахстанской научной школы по подземной и открытой добыче руд цветных металлов, химического сырья и нерудных материалов.

Академик О.А. Байконуров внес неоценимый вклад в формирование и развитие, профессиональный рост технической элиты Казахстана. Он был инициатором организации филиалов и факультетов института непосредственно на базе крупных предприятий Казахстана.

По его настоянию были открыты Горный институт (1953 г.) в г. Караганде, Усть-Каменогорский строительно-дорожный институт (1958 г.), Рудненский вечерний факультет (1959 г.), вечерний машиностроительный факультет в г. Алма-Ате при заводе им. С.М. Кирова (1962 г.) и многие другие вузовские структуры. Большинство из вышеназванных институтов получили затем статус университетов.

С целью повышения уровня научной подготовки инженерных кадров для горно-металлургического комплекса О.А. Байконуровым был создан ряд научно-исследовательских лабораторий, укомплектованных высококвалифицированными учеными и оснащенных оргтехникой, приборами и оборудованием мирового уровня. Так, на горном факультете Казахского политехнического института была открыта «Отраслевая лаборатория проблем разработки фосфоритов Каратау». В этой лаборатории под руководством О.А. Байконурова и других ученых института будущие инженеры овладевали горно-техническими знаниями, передовыми технологиями, опытом проектирования горных предприятий и стратегического планирования их производственно-хозяйственной деятельности.

Особое внимание Омирхан Аймагамбетович уделял подготовке студенческой молодежи как будущих специалистов, начиная уже в период их поступления в институт. Некоторые из абитуриентов после встречи с профессором меняли свой выбор будущей специальности или наоборот, утверждались в сделанном выборе профессии.



**Консультация студентов перед выполнением лабораторной работы (60-е годы)**



**Ознакомление студентов-кубинцев с макетом проектируемой установки (1978 г.)**



**Консультация студентов (70-е годы)**

О.А. Байконуров обладал ярким талантом педагога, воспитателя молодого поколения. Глубокие и разносторонние знания, богатый опыт горного инженера, безграничная любовь и преданность науке, чуткое и доброжелательное отношение к людям и большое личное обаяние влекли к нему молодежь. Где бы он ни работал, вокруг него всегда собирался коллектив молодых людей, который увлеченно трудился над решением научных задач, поставленных руководителем.

Доктор технических наук Марат Битимбаев, ученик О.А. Байконурова, вспоминает о своей первой встрече с директором горно-металлургического института: «...Представившись: «Ректор института Байконуров», – он подал мне руку. И хотя мы слышали, что ректор – горный инженер, он вдруг сказал мне: «А почему бы Вам не сдать документы на новый наш факультет – промышленно-гражданского строительства? Будете строить заводы, фабрики, жилые дома – это так нужно нашей стране. Нужная, ответственная и благородная профессия». Я ответил, что мне нравится профессия горного инженера, и я хочу в будущем работать под землей. Он мгновение подумал и похвалил меня за выбор... А потом состоялась первая лекция в нашей жизни, прочитанная ректором и прозвучавшая как посвящение в студенты. Он говорил с нами как с равными, и говорил больше в превосходной степени о нас, о нашем будущем, о предназначении человека, о человеке и обществе, об истории, о литературе, и нам показалось, что мы



**Беседа с молодыми учеными (70-е годы)**



**Выступление перед студентами первого курса (1974 г.)**

знали этого человека целую вечность. Мы влюбились в него раз и навсегда. По истечении многих лет, общаясь с Омирханом Аймагамбетовичем как его вечный ученик, я понял, что он был таким близким человеком для каждого поколения студентов, и каждый раз в течение пяти лет их обучения находился в гуще студенческой жизни, жил нашими заботами, радовался нашим успехам, находил для каждого теплое, доброе слово. Будучи ректором и заведующим выпускающей кафедры, он не подавлял нас административной властью, а был собеседником, готовым выслушать по любому поводу любого из нас...».

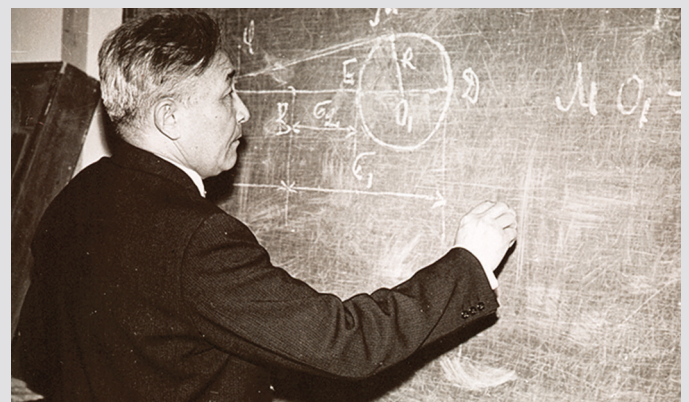
Его беспокойный и неравнодушный характер проявлялся во всем. Большое внимание он уделял иностранным студентам. Для студентов-иностранцев он организовывал дополнительные лекции. Не упускал из вида кубинцев при их работе над дипломными проектами. При выдаче им заданий О.А. Байконуров предложил новую для тех времен идею – разработать регламент на проектирование карьера Кастельянос в виде комплексного дипломного проекта с участием группы наиболее подготовленных студентов-кубинцев. Эта идея Байконурова принесла блестящие результаты. Был разработан проект горно-механической части (горные работы), который, во-первых, был высоко оценен государственной экзаменационной комиссией – все студенты получили оценки «отлично», а во-вторых, дипломный проект был принят

Гипроцветметом как регламент для проектирования карьера Кастельянос (Куба).

Ученик академика О.А. Байконурова, доктор технических наук Диас Букейханов отмечает: «... Он обладал исключительным педагогическим даром и умением тонко и убедительно совместно с соискателем ставить задачи по диссертационной работе и направлять исследовательскую работу докторантов и аспирантов на решение актуальных научных и прикладных проблем науки и производства. Его умение четко и лаконично формулировать научные положения, новизну результатов исследований, а также их отдачу народному хозяйству придавало существенный импульс исследованиям и результативности работы соискателя...».

Несмотря на огромную занятость, он никогда не торопился, и подолгу, очень обстоятельно беседовал с каждым из своих сотрудников, интересовался их проблемами и результатами исследований.

Последний аспирант академика О.А. Байконурова, кандидат технических наук Муфтигазы Магауянов вспоминает: «...Я часто участвовал в беседах, которые Омирхан Аймагамбетович нередко проводил у себя в кабинете с научными сотрудниками и молодыми аспирантами во время обсуждения каких-либо вопросов, возникающих при проведении научно-исследовательских работ. Эти беседы могли начаться совершенно случайно при работе над какой-либо статьей или изобретением, при проверке отчета по научно-исследовательской работе или диссертации. Своими замечаниями и наводящими вопросами, ссылками на те или иные научные работы



**На лекции (60-е годы)**

он направлял наши усилия к поиску оптимальных решений. Примечательно, что к решению вопросов разработки того или иного месторождения он подходил комплексно, привлекая к отдельным направлениям как горняков-технологов, так и узких специалистов физико-технического профиля, экономистов, программистов. Так, обсуждая проблемы эффективной разработки полого падающих залежей медных руд Джекказганского месторождения, он поручал нам вести работу, с учетом всех вопросов, начиная с расчета элементов и до конструирования систем разработки, выбора методов буровзрывных работ и очистной выемки, оптимизации погрузочно-доставочных работ, разработки технологии и расчета закладочных работ, а также контроля устойчивости конструктивных элементов применяемой системы разработки. При этом он приветствовал не тривиальные решения, а технические решения на уровне изобретений и ноу-хау. Омирхан Аймагамбетович старался привязать темы диссертаций аспирантов и соискателей к тем проблемам, которые кафедра решала по данному месторождению. Оценивая молодых аспирантов и соискателей, мог по-своему предсказать будущее того или иного научного работника, говоря, естественно, в их отсутствие: этот будет профессором в той-то области горной науки, этот – в другой, а этот станет деканом и т. п. Эти его оценки каким-то образом доходили до того или иного сотрудника и служили стимулом для его дальнейшего развития, даже если эти прогнозы не всегда оправдывались в силу каких-либо причин и обстоятельств...».

То, что методика работы О.А. Байконурова с аспирантами и соискателями была интересна и особенна, также отмечает его ученик – доктор технических наук, Леонид Андреевич Крупник: «... Он на слух воспринимал законченную работу, которую зачитывал исполнитель. Прекрасно зная русский язык, он еще и чувствовал его каким-то внутренним чутьем. Часто останавливал читающего, предлагая переставить слова во фразе. И она приобретала более отточенный яркий смысл и воспринималась совсем по-иному. Вот почему его труд «Классификация и выбор методов подземной разработки месторождений» стал классикой в горной науке. И другие книги, написанные им, читаются легко: изложенный в них материал эффективно воспринимается и запоминается...».

С особой тщательностью он готовился к лекционным и практическим занятиям, считая, что для него особенно недопустимы промахи и ошибки и с него спрос самый высокий.

Кандидат технических наук, Марат Джуркашев, который в течение ряда лет был бессменным деканом горного факультета Казахского политехнического института, отмечает: «...его крайне щепетильное и ответственное отношение к подготовке и проведению учебных лекций являлось для нас примером... академик часто, как никто в нашем институте, проводил открытые лекции, которые были весьма поучительны не только для студентов, но и для нас,

преподавателей. Эти лекции посещали не только мы, горняки, но и преподаватели других факультетов...».

М. Магауянов вспоминает: «...Весь его внешний облик, походка, тихий, чуть хрипловатый тембр голоса, манера разговора с собеседниками или с аудиторией, мудрый и задумчивый взгляд, устремленный куда-то далеко за пределы кабинета или аудитории, вызывали полное внимание и интерес к тому, что он говорил, и к мысли, которую хотел донести. Для нас, студентов, он был непререкаемым авторитетом. До сих пор в памяти и перед глазами его лекции по системам подземной разработки, к чтению которых он всегда подходил очень ответственно и скрупулезно. Обычно, читая лекции, он неторопливо прохаживался между рядами, изредка прикладывая к лицу идеальной свежести носовой платок, и старался подробно объяснить суть рассматриваемой темы и преподносимого материала.

...Надо отметить, что внешне как лектор, как руководитель кафедры Омирхан Аймагамбетович был всегда безукоризненно одет, опрятен и ухожен, был очень вежлив с любым человеком, будь то студент, аспирант или преподаватель. Для нас, молодых людей, приехавших со всех уголков Казахстана и начинающих самостоятельную жизнь, эти его черты были достойным примером для подражания...».

Марат Джуркашев в своих воспоминаниях отмечает, что О.А. Байконуров, несмотря на свою занятость, постоянно посещал лекции молодых преподавателей: «...Если он видел, что недостаточный уровень лекции связан, например, с малым преподавательским опытом, то свои замечания делал наедине с лектором, а на заседании кафедры давал, в общем, благожелательный отзыв. Но если замечал халатное отношение к качеству занятий, то был беспощаден при «разборе полетов». Так, однажды он отправился без предупреждения на лекцию доцента руководимой им кафедры и обнаружил, что тот, сославшись на свою занятость по партийной работе, перепоручил чтение лекции менее опытному преподавателю. Академик на заседании кафедры сурово отчитал партийного функционера, заявив: «Выбирайте или работу в парткоме, или работу на кафедре...».

Одним из наиболее важных научных направлений, возглавляемых академиком О.А. Байконуровым, является создание единой классификации и методологии выбора способов разработки месторождений полезных ископаемых. Исследования в этом направлении изложены в фундаментальной монографии «Классификация и выбор методов подземной разработки месторождений» (1969 г.). Работа получила высокую оценку специалистов горного дела, широко используется проектировщиками и изучается в технических вузах Казахстана и за рубежом.

Академик О.А. Байконуров является основоположником создания и широкого развития систем разработки с закладкой выработанного пространства и технологии закладочных работ. Его школой разработана принципиально новая технология закладочных

работ, использующая тиксотропные свойства смесей с высоким содержанием тонкодисперсных частиц. Предложенная технология, позволяющая утилизировать отходы горно-металлургического комплекса, успешно внедрена на многих крупных предприятиях страны с большим экономическим эффектом. Результаты научных исследований в этом направлении обобщены в монографиях «Подземная разработка месторождений с закладкой» (1972 г.) и «Технология добычи руд с твердеющей закладкой» (1979 г.), являющихся, безусловно, крупным вкладом в теорию и практику горного дела.

В области комплексной механизации подземной разработки рудных месторождений и совершенствования конструкций машин непрерывного действия им и его учениками разработаны схемы циклично-поточной технологии добычи руды, созданы средства непрерывной погрузки и доставки руды. Пластинчатый конвейер КФР-2 – одна из лучших моделей современного транспортного оборудования для доставки крепких руд. Комплексная механизация подземной разработки руд интенсифицирует деятельность горных работ, позволяет обеспечить повышение производительности труда горнорабочих в 3-5 раз. Результаты работ в этой области деятельности академика О.А. Байконурова изложены в монографиях «Пластинчатые конвейеры для скальных пород и руд» (1970 г.), «Комплексная механизация очистных работ при подземной разработке рудных месторождений» (1973 г.), «Комплексная механизация подземной разработки руд» (1975 г.).

Академиком О.А. Байконуровым и его учениками впервые введено использование контроля физико-механических свойств горных пород сейсмическим, ультразвуковым, оптическим, ядерно-физическим и другими методами. В этом направлении им были проведены обширные исследования, причем во многих вопросах он был пионером. Результаты исследований в этом направлении обобщены в монографиях «Методы контроля физико-технических параметров подземной разработки руд» (1979 г.) и «Основы горной геофизики» (1979 г.).

В научно-исследовательском институте горного дела под руководством О.А. Байконурова были созданы лаборатории горной геофизики, динамической фотоупругости. Изучение свойств массива путем исследования физических полей, полей статических и динамических напряжений, возникающих при производстве горных работ, позволяет правильно сделать выбор безопасных и эффективных параметров технологических процессов.

Академик О.А. Байконуров был крупнейшим ученым-горняком Казахстана, организатором научных школ по технологии и механизации закладочных работ, горной геофизики, горно-транспортному оборудованию и другим актуальным направлениям горной науки и производства. Благодаря его работам и работам его учеников, горная наука и промышленность Казахстана находятся на передовых позициях

не только в СНГ, но и в мире. Эти исследования выдвинули академика О.А. Байконурова в ряды крупнейших ученых-энциклопедистов горной науки.

Имя академика О.А. Байконурова как крупного ученого, педагога и общественного деятеля хорошо известно не только в Казахстане, но и за его пределами. Результаты научных исследований школы Байконурова представлялись на международных научных конференциях: в Австралии (1977 г.), Чехии (1997 г.), Англии (1998 г.), Канаде (1998 г.), России (1980 г.) и ряде других стран. Заложенные им в этот период фундаментальные методические основы оптимизации параметров горных предприятий развиты его учениками и последователями и составляют основу современных объектно-ориентированных компьютерных технологий. Его учениками успешно использованы геоинформационные технологии при проектировании карьеров Маланджханд в Индии, Айнак в Афганистане, Асарел в Болгарии, а также ряда крупных карьеров Республики Казахстан.

Среди его учеников были не только люди горных специальностей, но и физики, механики, математики, энергетики и другие. Много времени О.А. Байконуров уделял аспирантам, говорил, что не он им нужен, а они – ему. Некоторые из них защитили докторские диссертации, получив направление работ еще при жизни своего учителя, другие – после его кончины.

Хочется назвать его учеников, которые являлись и являются в настоящее время ведущими специалистами горной науки Казахстана – это Л. Крупник, М. Битимбаев, М. Джуркашев, М. Магауянов, А. Алибаев, К. Тулебаев, А. Зейнуллин и многие другие. С особой благодарностью вспоминаются и те талантливые ученики О.А. Байконурова, которых, к сожалению, нет рядом с нами – это Д. Букейханов, А. Филимонов, Б. Раскильдинов, В. Мельников, И. Едилбаев, М. Жаркенов, А. Спицын, В. Съедин, Т. Ермаков и другие.

Заслуги академика О.А. Байконурова перед Родиной, его вклад в мировую науку и высшее образование отмечены правительственными наградами: орденом Ленина, медалями и почетными грамотами Верховного Совета КазССР, знаками «Шахтерская слава» I степени, «Отличник соцсоревнования Наркомцветмета СССР», «Ударник IX пятилетки», «Победитель социалистического соревнования», золотой медалью и дипломом первой степени ВДНХ СССР за достигнутые успехи в народном хозяйстве. Ему были присвоены почетные звания «Заслуженный работник высшей школы Казахской ССР», «Заслуженный изобретатель СССР». Его имя носит Жезказганский университет, горный институт КазНТУ им. К.И. Сатпаева, улицы в городах Алматы, Жезказгане и Сатпаеве.

В завершение статьи хочется привести слова известного ученого-педагога, крупного организатора высшей школы Муштая Батырбековича Батырбекова (в книге «Высшая школа Казахстана в лицах»): «...академик Байконуров внес неопределимый вклад в подготовку технической элиты Казахстана. И этот его вклад до сих пор не оценен по достоинству...».



Б.Р. Ракишев

*академик НАН РК, заслуженный деятель РК, почетный горняк РК, д-р техн. наук, профессор, ректор КазПТИ им. В.И. Ленина (1985-1992 гг.), почетный ректор КазННТУ им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан)*

## ПУТЬ О.А. БАЙКОНУРОВА ОТ РАБОЧЕГО ДО АКАДЕМИКА НЕ ВСЕГДА БЫЛ ГЛАДКИМ

*14 сентября 2022 г. исполняется 110 лет со дня рождения Омирхана Аймагамбетовича Байконурова – ученого-горняка, профессора, доктора технических наук, действительного члена Академии наук КазССР, выдающегося отечественного ученого в области подземной разработки месторождений твердых полезных ископаемых, одного из первых создателей в Казахстане научного направления по исследованиям сейсмического действия взрыва на подземные горные выработки.*

Омирхан Аймагамбетович трудовую деятельность начал в 1927 г. в пятнадцатилетнем возрасте учеником столяра строящегося Карсакапайского медеплавильного завода (КМЗ) – первенца цветной металлургии Казахстана. После окончания Школы фабрично-заводского ученичества по профессии «буровой мастер» в 1930-1933 гг. он занимал различные позиции в геологическом управлении КМЗ. В 1934 г. поступил на подготовительное отделение Казахского горно-металлургического института, который успешно окончил в 1940 г. по специальности «Разработка месторождений полезных ископаемых».

С 1940 г. по 1952 г. О.А. Байконуров – начальник смены шахты №31, начальник шахтоуправления «31-32», главный инженер Джезказганского рудоуправления. В эти годы им был предложен новый вариант камерно-столбовой системы разработки с комбинированной почвоуступной и потолкоуступной выемкой и опережающим глубоким бурением скважины. Система была апробирована Гостехникой СССР с выдачей авторского свидетельства №11697 и успешно внедрена в производство, обеспечивая повышение производительности труда горнорабочих почти в 2 раза. Под его руководством были проведены большие работы по добыче богатых руд из ранее оставленных целиков.

Высококласный горный инженер О.А. Байконуров внес значительный вклад в развитие и обновление всех технологических процессов, начиная от буровзрывных работ и заканчивая совершенствованием системы разработки для различных условий залегания и мощностей рудного тела с использованием высокопроизводительного горно-транспортного оборудования. Его оригинальные технологические решения позволили возобновить работу заброшенных шахт, повысить эффективность деятельности существующих предприятий. Эти работы проводились в тяжелейших

условиях военного времени, когда горняки сутками не выходили из шахт, самоотверженно приближая долгожданный день Победы. Высокой организацией этих работ определяется подвиг горного инженера О.А. Байконурова в достижении победы над фашистской Германией. Набранный темп организационной деятельности продолжился и в период восстановления народного хозяйства в послевоенное время.

Глубокие знания тонкостей производства, склонность к научно-исследовательской работе и незаурядные способности позволили О.А. Байконурову без отрыва от производства в 1951 г. успешно защитить диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. Диссертационная работа была выполнена под руководством академика А.С. Попова. Доктор технических наук, профессор Александр Сергеевич Попов относится к плеяде первопроходцев – ученых-горняков, заложивших научную основу разработки месторождений полезных ископаемых. Он был



выдающимся ученым в области горных наук, его имя стояло в одном ряду с именами таких всемирно признанных академиков АН СССР как А.А. Скочинский, А.М. Терпигорев и Л.Д. Шевяков.

В 1952 г. по рекомендации выдающегося ученого XX века, видного общественного и государственного деятеля, академика АН СССР К.И. Сатпаева О.А. Байконуров назначается директором Казахского горно-металлургического института (КазГМИ). Назначение директором первого высшего технического учебного заведения страны опытного руководителя производства было продиктовано его всесторонним талантом и организаторскими способностями.

Однако признание в новой для него сфере деятельности пришло не сразу. В 1953 г. на отчетно-перевыборной партийной конференции коммунистов КазГМИ состоялось бурное обсуждение деятельности О.А. Байконурова на посту директора. Со слов очевидцев в выступлениях партийцев отмечалось, что за отчетный период работы в организации научно-исследовательской, учебно-методической работы не произошло улучшения. Это связано с тем, что Омирхан Аймагамбетович не имеет навыка работы в высшей школе, лично не занимался фундаментальными исследованиями в горном деле. Поэтому парторганизация не имеет морального права включить его в состав партбюро института.

Инициатором этих действий выступил авторитетный, известный ученый-горняк Советского союза, член-корреспондент АН КазССР, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой разработки рудных месторождений Александр Васильевич Бричкин. Он был блестящим оратором. Обладал недоступными для других приемами воздействия своего выступления на слушателей. И большинство ведущих профессоров-коммунистов КазГМИ поддержали его. В результате, ректор О.А. Байконуров не был избран в состав партбюро института. Это было неожиданное чрезвычайное событие для всех партийных организаций города. Вопрос стоял о снятии с должности директора КазГМИ Омирхана Аймагамбетовича. Однако, после вмешательства в это дело академика АН СССР К.И. Сатпаева и длительного, всестороннего изучения всех обстоятельств вопроса, решение парторганизации института было отменено Алматинским горкомом партии. Министерство высшего и среднего образования СССР оставило О.А. Байконурова в должности директора.

Следует отдать должное природной мудрости Омирхана Аймагамбетовича: ни один из выступивших против его включения в состав партбюро КазГМИ в дальнейшем не подвергался ущемлению его прав, гонению, притеснению, наоборот, он приближал их к себе. Это резко подняло его авторитет в коллективе института и за его пределами. Здесь сыграли свою роль его воспитанность, внутренняя культура, знание психологии людей, большой опыт работы в коллективах с людьми разного характера и взглядов.

Утвердившись во главе института, О.А. Байконуров в полной мере проявил талант ученого, педагога, организатора науки и высшего образования, пламенного

пропагандиста знаний. С присущей ему целеустремленностью он отдает все силы расширению и укреплению материально-технической базы учебного заведения. По инициативе директора и поддержке соответствующих союзного и республиканского министерств и ведомств началось строительство нового студенческого городка. О.А. Байконуров проявил небывалую настойчивость, упорство и последовательность на всех этапах строительства, начиная от проектирования и заканчивая сдачей объектов в эксплуатацию. В результате, в рекордно короткие сроки вырос современный студенческий городок с общежитиями, учебными корпусами и жилыми домами для преподавателей.

О.А. Байконуров много внимания уделял совершенствованию учебно-методической работы, улучшению постановки учебного процесса. Он понимал исключительно важную роль в деле подготовки высококвалифицированных специалистов наличия наставников с богатым опытом работы на производстве. Решив проблему обеспечения преподавательского состава жильем, руководство института пригласило на педагогическую работу ряд крупных производственников. О.А. Байконуров также ввел в практику приглашение преподавателей из центральных отечественных вузов, направление специалистов на учебу в аспирантуру в высшие учебные заведения Москвы, Ленинграда и других регионов страны.

Омирхан Аймагамбетович пользовался большим авторитетом среди выдающихся ученых и организаторов производства своего времени. Академик А.С. Попов высоко отзывался о научной, производственной деятельности Омирхана Аймагамбетовича, особенно ценил его глубокие знания в области технологии, механизации и автоматизации процессов при подземной разработке твердых полезных ископаемых, признавал его как крупного организатора науки и высшей школы. Когда в 1964 г. Омирхан Аймагамбетович по субъективным мотивам был вынужден покинуть должность академика-секретаря АН КазССР, Александр Сергеевич по своей инициативе вышел с ходатайством к ректору Казахского политехнического института проф. Гавдсляму Мухамедиевичу Есиркегенову о приглашении академика О.А. Байконурова на занимаемую им должность заведующего кафедрой технологии разработки месторождений полезных ископаемых и своем переводе на должность профессора кафедры. До конца жизни два выдающихся ученых-горняка Казахстана были в дружеских, взаимно дополняющих друг друга творческих отношениях.

Академики АН СССР Николай Васильевич Мельников, Владимир Васильевич Ржевский, Михаил Иванович Агошков, члены-корреспонденты АН СССР Дмитрий Михайлович Бронников и Александр Викторович Докукин высоко отзывались о трудах, и в целом о научной, научно-педагогической и производственной деятельности Омирхана Аймагамбетовича.

В каждый свой приезд в Алма-Ату (а приезжали они часто) академики Н.В. Мельников, В.В. Ржевский по приглашению академика О.А. Байконурова

посещали Казахский политехнический институт и выступали перед студентами и молодыми учеными с докладами и сообщениями о настоящем и будущем горной науки и производства, отвечали на их вопросы, беседовали с ними. Эти встречи и общение являлись настоящим уроком воспитания молодого ученого, направляли молодых на поиск новых решений накопившихся проблем горного дела.

Омирхан Аймагамбетович очень уважительно и внимательно относился к молодым ученым из других республик СССР. Доктор технических наук, заведующий кафедрой Московского государственного горного университета, профессор Геральд Георгиевич Ломоносов считает его своим духовным научным наставником. Академик РАН, директор института Проблем освоения недр им. Н.В. Мельникова РАН в 1987-2003 гг., ныне советник Президиума РАН, Климент Николаевич Трубецкой в лице Омирхана Аймагамбетовича видел крупнейшего ученого-энциклопедиста, искреннего патриота горной науки. Академик НАН Узбекистана Вахаб Рахимович Рахимов с большой благодарностью и теплотой вспоминает первую встречу с О.А. Байконуровым, когда Омирхан Аймагамбетович без существующих в то время формальностей сразу поддержал еще не признанную многими научную идею молодого ученого, дал путевку в большую горную науку.

Академик О.А. Байконуров оставил потомкам большое научное наследие: более 300 научных статей, 50 авторских свидетельств на изобретения, более 10 монографий, подготовил 60 кандидатов и докторов технических наук. Среди научных работ особо следует выделить фундаментальную монографию «Классификация и выбор методов подземной разработки месторождений» (Алма-Ата, Наука, 1969, 606 с.). В ней на основе обзора и критического анализа многочисленных работ по подземной разработке твердых полезных ископаемых известных советских и зарубежных авторов разработана новая классификация способов вскрытия месторождения, позволяющая значительно облегчить их выбор.

В основе предложенной акад. О.А. Байконуровым новой классификации систем подземной разработки лежит матричное представление. Классификационная матрица имеет структуру латинского квадрата, ячейки которого заполнены конкретными системами разработки с присвоенными им индивидуальными кодами. В ней первичные группы – типы и подтипы систем – выделены по признаку типа фронта работы этажа. Они показаны по квалификационной горизонтали, а по вертикали выделены классы систем по способу управления кровлей выработанного пространства. Тип фронта работы зависит от формы, мощности и угла падения рудных тел, а способ управления кровлей – от устойчивости пород приконтурного массива.

Преимущество новой классификации состоит в том, что незаполненные ячейки ориентируют специалистов, занимающихся горным производством, на поиск и создание новых технологий. Матричная классификация оказалась весьма важной

для понимания как самой классификации, так и системного осмысления модификаций горной технологии.

В монографии рассмотрены и другие важнейшие вопросы разработки месторождений: установление оптимального соотношения между количественными и качественными потерями полезного ископаемого при различных системах разработки, рациональные местоположения вскрывающих и подготовительных выработок. В целом, в течение более чем четверти века монография является настольной книгой и методическим пособием для горных инженеров, занимающихся вопросами рационального проектирования, эксплуатации и управления горными предприятиями.

Последняя монография Омирхана Аймагамбетовича Байконурова «Методы контроля физико-технических параметров подземной разработки руд» (Алма-Ата, 1979, 298 с.) является крупным вкладом в горную науку в направлении контроля и управления состоянием массива горных пород при освоении и эксплуатации месторождений твердых полезных ископаемых. В связи с интенсивным развитием горных работ во второй половине XX века получили применение различные методы контроля физико-технических и технологических параметров при подземной разработке рудных месторождений. В монографии рассмотрены метод механического каротажа, доступный для каждого рудника, электрические, сейсмические методы. Описан сейсмический метод контроля упругих параметров массива, рассмотрены методы математического и оптического моделирования (метод динамической фотоупругости), позволяющие изучить закономерности распределения динамических напряжений в элементах горных выработок. Изложены методы контроля действия динамических напряжений на кровлю очистных выработок и опорные целики.

Рассмотрена зависимость сейсмоколебаний от интервалов замедления, типа ВВ, а динамических напряжений от параметров взрывных волн; описан метод определения дополнительной величины скорости колебаний в элементах очистных камер. Изложены методы ультразвукового контроля напряжений массива в зоне влияния подземных горных выработок, характера распределения напряжений в опорных целиках. Описан радиоизотопный метод контроля плотности горных пород, свойств сухих закладочных материалов, ядерно-физические методы элементного анализа и контроля качества руд. Приведены примеры расчета размеров подземных породных целиков, напряжений в местах соединения выработок с массивом с использованием физико-технических параметров пород, определенных геофизическими методами. Книга в течение длительного времени является надежным методическим указанием для работников проектных, научно-исследовательских учреждений и горных предприятий.

Научные идеи академика О.А. Байконурова, изложенные в его трудах, до сих пор не утратили своей значимости и могут быть развиты новым поколением ученых для создания более совершенных технологий и технологических схем подземной разработки месторождений твердых полезных ископаемых.



Ө.А. Тәкішев

*техника ғылымдарының докторы, профессор, Қазақ Ұлттық Жаратылыстану Академиясының академигі, Ө.А. Байқоңыров атындағы Жезқазған университетінің ректоры*

## ТАУ-КЕН ИНЖЕНЕРІ, ҒАЛЫМ, ҰСТАЗДЫ ЕСКЕ АЛУ

*Қазақтың маңдайы жарқыраған дарабоз ұлдарының бірі, көрнекті ғалым, білікті өндіріс жетекшісі, ұлағатты ұстаз Өмірхан Байқоңыровтың туғанына 110 жыл толып отыр.*

*Қазақстанның техникалық элитасының қалыптасуы мен кәсіби тұрғыдан шыңдалу процесі академик Ө.А.Байқоңыровтың есімімен тығыз байланысты. Ел өнеркәсібі мен тау-кен ғылымының ТМД елдерінің ішінде ғана емес, әлем бойынша да көп елдерден оқ бойы озық тұрғаны Ө.А.Байқоңыровтың еселі еңбегінің жемісі екендігі аян.*



**Ө.А. Байқоңыров**

Қарапайым жұмысшы отбасында дүниеге келіп, ғылым – білімге құштарлықтың арқасында атақты ғалымға айналған азаматтың өмір тарихы кез-келген адамға үлгі болардай. Ө.А. Байқоңыров 1912 жылы 14 қыркүйекте Жезқазған облысының, Ұлытау ауданының Сөмке ауылында жұмысшы отбасында дүниеге келген. Еңбек жолын 1927 жылы Қарсақпай мыс қорыту зауытында (КСРО түсті металлургиясының алғашқысы) ағаш ұстасының шәкірті болып бастады. Фабрикалық-зауыттық училищені «бұрғылау шебері» мамандығы бойынша 1932 жылы аяқтағаннан соң, Жезқазған, Жезді және Қорғасынды кен орындарының геологиялық барлау жұмыстарына белсене қатысты. Қарсақпай комбинатының геологиялық басқармасында аға коллектор болып жұмыс жасай жүріп, Ө.А. Байқоңыров ҚазССР ҒА президенті Қ.И. Сәтбаевпен жақын танысты. Осы көрнекті ғалыммен кездесу Ө.А. Байқоңыровтың өмірлік және шығармашылық жолын таңдауға үлкен әсер етті. Қ.И. Сәтбаев оны қазақ тау-кен – металлургия институтының (қазіргі Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті) дайындық курсына оқуға жіберді. 1940 жылы «Пайдалы қазбалар кен орындарын әзірлеу» мамандығы бойынша тау кен факультетін бітіріп шықты.

Институтты бітірген соң Ө.А.Байқоңыров туған жері Жезқазғанға оралады, сол жерде ауысым басшысынан шахта басқармасының басшысына дейін көтеріледі. Жас кенші инженердің еңбек қызметінің бастауы Ұлы Отан соғысының ауыр жылдарына тұспа-тұс келеді. Тұрғызылып жатқан №31 шахтаның ауысым басшысына, революцияға дейін ағылшындар қол астында болған, содан соң қараусыз тасталған №13 істен шыққан апатты шахтаны қайта қалпына келтіру жұмысы

тапсырылды. Жылдар бойына бұл шахтада жерасты коммуникация және жер бетіндегі ғимараттар толығымен бұзылып кеткен еді. Майдан қажеттілігі үшін бай мыс кендерін қазып алу көлемін жылдам және аз шығынмен арттыру – бұл уақыт талабы еді.

Инженер Байқоңыровтың ізденістері табыспен аяқталды. Оның жетекшілігімен жер бетіндегі құрылыстар, жерасты қазбалары қалпына келтірілді. Осы жерде алғаш рет Ө.А.Байқоңыров өзінің ұйымдастыру мен өнертапқыштық қабілетін көрсетті. Шахта қалпына келтірілді және үш айдан соң ел әскери өнеркәсіп үшін өте қажетті жаңа жүздеген тонна мыс кендерін ала бастады.

1943 жылдың қараша айында Ө.А. Байқоңыров Жезқазған қаласындағы алты шахта мен екі карьерден тұратын ең үлкен «31-32» шахта басқармасына басшы болып тағайындалды. Жаңа №31 және №32 шахталардың кенді қазып алуды бастағанына қарамастан, тазарту жұмыстары мөлшерінің артта қалуынан, шахта басқармасы мемлекеттік жоспарды орындай алмай жатты. Ө.А. Байқоңыров ұнғыларды тереңдетілген бұрғылаумен және құрамдас жер қыртысы-төбесатылы шұңқырлаумен әзірлеудің камералық-бағандық жүйесінің жаңа нұсқасын ұсынды. Ұсынылған жүйе КСРО Мемтехникасымен сыналып, №11697 авторлық куәлік берілді және тазарту камерасының жұмысын қауіпсіздендіруге, кенді қазып алудың өзіндік бағасын айтарлықтай төмендетуге мүмкіндік берді.

1944 жылы «Петро» шахта басқармасында жұмыстың орындалмау қаупі туды: ұнғылау жұмыстары қараусыз қалды, тазарту шараларының фронты тарылды, шахталар кенді қазып алу бойынша жоспарды орындай алмады. Жағдайды түзеп, шахта жұмысының тиімділігін арттыру үшін, комбинат басшылары «Петро» шахта басқармасы мен алдыңғы қатардағы «31-32» шахта басқармасын бірлестіру шешімін қабылдады. Біріктірілген «31-32» және «Петро» шахта басқармасына, ЖТКМК бас инженері міндетін қатар орындай отырып, Ө.А. Байқоңыров жетекшілік етті. 1951 жылы КСРО Түсті металлургия министрлігінің, №31 шахтаның өздігінен жүретін тау-кен машиналарын және тау-кен жұмыстарының жаңа технологияларын кеңінен енгізу бойынша озық тәжірибесін, Жезқазғанның басқа шахталарына және



Кеңес Одағындағы түсті металлургияның тау кен өнеркәсіптерінде тарату туралы бұйрығы шықты.

Жаңа тау-кен технологияларын жүзеге асыруда, заманауи өздігінен жүретін жабдықтарды игеруде, жаңа шахта құрылысында, соғыс жылдарының тапсырмаларын орындауда Ө.А. Байқоңыров Жезқазғанның даңқты кеншілері мен ғажайып жандардың қолдауына сүйенді. Атап айтар болсақ: Ысқақ Анарқұлов, Николай Кузнецов, Абылғазы Бейпелов, Василий Опря, Зейнулла Биболатов, Евгений Болбышев, Балмұхан Аймаханов, Павел Шаталюк, Қасымбек Айгелов және басқалар.

Білікті тау кен инженері Ө.А. Байқоңыров, бұрғылау-жару жұмыстарынан басталып, кенді денелердің жайғасу және қуаттылығының әртүрлі жағдайлары үшін әзірлеу жүйелерін жетілдірумен аяқталатын барлық технологиялық процестерді дамыту мен жанарту жұмыстарына үлкен үлес қосты. Оның біртума технологиялық шешімдері жабылып қалған шахталар жұмыстарын жаңартуға, кәсіпорындар жұмысының тиімділігін арттыруға мүмкіндік берді. Жұмыс соғыс жылдарының ауыр кездерінде жүргізілді, кеншілер тәуліктеп шахталардан шыққан жоқ, өздерінің ерен еңбектерімен ұзақ күткен жеңіс күнін жақындата түсті.

Өндірісті терең білуі мен ғылыми-зерттеу жұмыстарына бейімділігі және өзіне тән қабілеттілігі Ө.А. Байқоңыровтың 1951 жылы, техника ғылымдарының кандидаты ғылыми дәрежесін іздену жолындағы диссертациясын табысты қорғауына мүмкіндік берді, Диссертациялық жұмыс тау-кен ісі саласындағы белгілі ғалым, академик А.С. Поповтың жетекшілігімен орындалды.

Жаңа технологияларды әзірлеу және тау кен өндірісіне енгізу, заманауи жабдықтарды жасау мен оларды игеру бойынша тау-кен инженері Ө.А. Байқоңыровтың эстафетасы өзі жетекшілік еткен шахта басқармасының кеншілеріне берілді. Ғылыми-зерттеу институты ғалымдарының қатысуымен, комбинат жұмыскерлерінің күшімен Жезқазған шахталарында 1956-1965 жылдары 80-нен аса әртүрлі өзі жүретін жабдықтар сыналып, 18-ден аса отандық үлгілер өндіріске енгізілді.

Өндіріс саласының қыр-сырын жете меңгерген Ө.А. Байқоңыров осындай ерекше бай ғылыми потенциалының, іскерлігінің, жоғары ұйымдастырушылық

қабілетінің арқасында еліміздің беделді оқу орнының басшысы қызметіне келгені белгілі.

Ө.А. Байқоңыров оқу-әдістемелік жұмысты жетілдіруге, оқу процесін жақсартуға көп көңіл бөлді. Ол жоғары кәсіпті мамандар дайындау ісінде, өндірісте жұмыс тәжірибесіне бай тәлімгердің болуы қаншалықты маңызды екенін түсінетін. Оқытушылар құрамын тұрғын үймен қамтамасыз ету проблемасын шешкеннен соң, институт жетекшілері оқытушылық жұмысқа бірқатар ірі өндірісшілерді шақырды. Сонымен қатар, Ө.А. Байқоңыров орталық отандық ЖОО-нан оқытушыларды шақыру, мамандарды Мәскеудің, Ленинградтың және елдің басқа аймақтарының жоғары оқу орындарының аспирантураларына жіберу тәжірибесін енгізді.

Қабылдау емтихандары мен емтихандық сессиялардың мәселелері мен қорытындыларын терең талдай отырып, Ө.А. Байқоңыров ауылдық жерлерден келген студент-қазақтар контингентінің қалыптасуының қиын екенін айқындады, өйткені қабылдау емтихандары орыс тілінде өтетін еді. Бірінші емтихан-диктанттан соң-ақ абитуриент-қазақ жастары қалмайды десе де болғандай еді. Кейбір жетекші оқытушылардың қарсыласуына қарамастан, Ө.А. Байқоңыров институтқа қазақ жастары үшін қабылдау ережесін өзгертті: қабылдау емтихандары ана тілінде жүргізіле бастады. Одан өзге, ауыл тұрғындарына көмек ретінде насихаттау бригадалары құрылды, олар жас буындарға орыс тілін үйретуді тегін жүргізді. Бұл қазақ жастарының Қазақстанның алдыңғы қатарлы техникалық оқу орынында білім алуына мүмкіндік берді. Бұл жаңалық тәуелсіз мемлекеттің жоғары мектебінің оқу процесіне қазіргі кезде енгізіліп жатқан қай құру жұмыстарынан да көп жыл бұрын басып озған шара еді: қазіргі кезде елдің барлық оқу орындарында қазақ бөлімі бар студенттер мемлекеттік тілде білім алуда.

Ө.А. Байқоңыров өз уақытынан озық туған жан. Жаңадан дамып келе жатқан елімізде сол кезде мұнайшы, құрылысшы, сәулетші, автоматтандыру, электронды-есептеу техникасы, энергетика саласындағы мамандар өте тапшы болатын. Тынбай ізденген Ө.А. Байқоңыров еліміздің өнеркәсібін инженер мамандармен қамтуда өте қомақты үлес қосты. Ол тек қана ғылыми-техникалық білімді насихаттап қана қойған жоқ, студенттерді ең үздік қазақ және орыс әдебиеттерін, туған елдің тарихын оқуға, зерделеуге шақырған.

Ол өзінің көп уақытын білімді насихаттау жұмысын ұйымдастыруға жұмсайтын. Ұзақ уақыттар бойында, ол техникалық ғылымдар бойынша «Білім» Қазақ қоғамы Президиумының ғылыми-әдістемелік кеңесінің төрағасы және мүшесі, «Түсті металлургия» ғылыми-техникалық қоғамының республикалық басқармасы президиумының мүшесі, ҚазССР ЖЖА-ОБМ коллегиясының мүшесі, табиғатты қорғау Қазақ қоғамының орталық кеңесінің төрағасы, ҚазССР ҒА Әлеумет туралы және Жер туралы ғылыми бөлімшелерінің бюро мүшесі, ҚазССР ҒА Президиумы жанындағы Қазақстанның өндірістік күштерін зерттеу бойынша Кеңестің мүшесі, ҚазССР металлогендік болжамды карталарын құру бойынша координациялық



комиссияның мүшесі, Минералогиялық қоғамның Республикалық кеңесінің мүшесі, ҚазССР ЖЖАОБМ ғылыми-әдістемелік кеңесінің тау кен секциясының тқрағасы, қазбалар туралы КСРО мен одақтық республикалардың Заң негіздерінің жобасын дайындау комиссиясының мүшесі, В.И. Ленин атындағы ҚазПТИ және Д.А. Қонаев атындағы ҚазССР ҒА ТКИИ ғылыми кеңестерінің мүшесі, Қазақ совет энциклопедиясының бас редакциясының мүшесі болды.

Академик Ө.А. Байқоңыровтың ғылыми және мәдени мұрасы өз Отанына қызмет етудің, өз елінің абыройын асқақтатуға ұмтылудың, басқа елдермен, халықтармен достасудың, олармен шығармашылық және достық байланыстар табудың шын үлгісін көрсетеді. Өз болмысында интернационалист академик Ө.А. Байқоңыров әртүрлі ұлттың адамдары арасындағы достықты беріктендіру үшін көп еңбек етті. Оның шәкірттерінің арасында қазақтар, орыстар, еврейлер, украиндықтар, белорустар, латыштар, кәрістер, кубалықтар, поляктар, француздар, моңғолдар, вьетнамдықтар, якуттар және басқа ұлт өкілдері болды. Шетелдік елдер үшін ондаған инженерлер дайындауға ат салысты (Кубаға, Моңғолияға, Латвияға, Вьетнамға және басқ.), олар қазіргі кезде өз елдеріндегі тау кен саласының жетекші орындарында қызмет атқарады.

Өмірхан Аймағанбетұлы Байқоңыровтың Отанға жасаған зор қызметі, дүниежүзілік ғылымға және жоғары білімге қосқан үлкен үлесі үкімет және мекемелер тарапынан марапатталып отырды. Ол Ленин орденімен, КСРО медальдарымен, ҚазССР Жоғарғы Кеңесі президиумының құрмет грамоталарымен, КСРО ХШЖК-нің алтын медалімен және I дәрежелі дипломымен, I дәрежелі «Шахтерская слава» белгісімен марапатталды, «ҚазССР жоғары мектебінің еңбек сіңірген қызметкері» және «Заслуженный изобретатель СССР» құрметті атақтары берілді.

Бүкіл өзінің талантын прогреске, тау-кен ғылымы мен өнеркәсібін дамытуға, жоғары білікті инженерлер мен ғылыми қызметкерлер дайындауға жұмсаған көрнекті ғалымның, ағартушының, педагогтың, керемет кісінің өмірі мен қызметінен үлгі алып, ұқсап бағуға лайықты. Ө.А. Байқоңыровтың көптеген шәкірттері мен ізін жалғастырушылар ол бастаған бағыттарды табысты дамытуда.

ҚазССР академигі Ө.А. Байқоңыровтың ғылыми мұрасы жеткілікті көлемді: ол 300 аса ғылыми еңбектердің авторы, өнертабыстың 50 тарта авторлық куәліктерін алған және 15 монографиясы жарық көрді. Ол 60 аса ғылым кандидаттары мен докторларды дайындады. Байқоңыровтың қолынан ғылымға жолдама алған 20 аса ізденушілер өздерінің диссертациялық жұмыстарын ұлы ұстаздары өмірден өткеннен соң қорғады.

Даңқты ғалымның өзі туып-өскен, еңбек еткен Жезқазған жеріндегі оқу орыны Ө.А. Байқоңыров есімімен аталады. Университетіміздің екінші оқу ғимаратында Ө.А. Байқоңыров атындағы дәрісхана, мұражай ашылып, оқу корпусы алдында монумент орнатылған. 2002 жылы «Академик Байқоңыров О.А.» кітабы шығарылды және осы жылы оған «Д.А. Қонаев атындағы Тау-кен ісі институтының құрметті ғылыми қызметкері» атағы берілді. Ө.А. Байқоңыров қайтыс болғаннан соң, екі рет «КСРО өнертапқышы» төс белгісімен (1980,1981) марапатталды.

Ө.А. Байқоңыров – түсті металл мен химиялық шикізатты ашық әрі жерасты әдісімен өндірудің қазақстандық ғылыми мектебінің негізін қалаған ірі тау-кен инженері, өндіріс ұйымдастырушысы. Атақты энциклопедист-ғалымның іргелі еңбектері күні бүгінге дейін тау-кен өндірісінде, пайдалы қазбалар кен орнын зерттеуде, металлургияда, инженерияда кең қолданылып келе жатқан іргелі ғылыми негіз десе артық айтпаймыз.

## В НОВУЮ ИНСТРУМЕНТАЛЬНУЮ РЕАЛЬНОСТЬ С MITEH 2022

*С 8 по 11 ноября 2022 года в Москве, в ЦВК «Экспоцентр» пройдет центральное инструментальное событие России и стран СНГ – 15-я Московская международная выставка инструмента, оборудования и технологий MITEH. Мероприятие соберет на одной площадке «старожилов» и новичков инструментального рынка.*

Генеральным спонсором MITEH 2022 выступит бренд САИМАН – один из ведущих мировых производителей профессиональной садово-парковой техники премиум-класса. В 2022 году САИМАН представил на российском рынке 100 новинок, увеличив ассортимент в два раза. О своем намерении принять участие в выставке также заявили АО «Завод «ФИОЛЕНТ», КЛС-ТРЕЙД (торговая марка «ИНТЕРСКОЛ»), «ЛИТ Трейдинг», «Patriot», ТМК ОптТорг, KOLNER, «СТАВР», Инструменты P.I.T. (ООО «Турбо-Тулс»), «Северные Стрелы», Российская производственная компания «КОРОНА», «ОптПромТорг» «УРАЛБЕНЗОТЕХ» и многие другие.

Традиционно экспозиция будет включать как иностранные новинки, так и российские разработки. Среди премьер этого сезона – продукция турецких компаний Civtec Civata и Kristal Kesici Aletler – признанных лидеров в области крепежа и керамического инструмента. Свою продукцию продемонстрирует крупнейший производитель садовых и электроинструментов Villager из Сербии.

Тема импортозамещения будет представлена на стендах локальных производителей, среди которых разработчик и поставщик оборудования для промышленности и профессионального DIY – Norgau, производитель инструмента для дверного и мебельного ремесла FARIDKAMAL, а также «Слюдяная фабрика» – лидер по изготовлению электропаяльников в России.

Выставка MITEH ежегодно собирает элиту инструментальной отрасли, служит площадкой для обмена опытом и обсуждения актуальных вопросов.

В июне-августе 2022 года организаторы провели онлайн-опрос среди участников и посетителей MITEH, целью которого было выяснить потребности инструментального рынка, выделить ключевые темы деловой программы предстоящей выставки. Опрос показал, что в приоритете сегодня – установление новых деловых связей, знакомство с тенденциями и новинками рынка, расширение профессиональных знаний и навыков. В числе основных причин участия в выставке были возможность простимулировать продажи на год вперед и получить свежую информацию о состоянии отрасли, но в особенности – широкий ассортимент инструмента и оборудования, а также шанс встретиться с производителями. Свое участие в MITEH 2022 сразу после выставки прошлого года подтвердили более 80% компаний.

Что касается посетителей, то тут цифры также говорят за себя: 52% опрошенных посетили выставку за время ее существования до 5 раз. Четверть опрошенных посетили от 5 до 10 выставок. Регулярные участники выставки – более 10 посещений – 9% респондентов.

*«MITEH, как крупная специализированная выставка, не только отражает состояние отрасли, но и, несомненно, вносит вклад в ее развитие. При этом работа не ограничивается четырьмя выставочными днями: мы постоянно, круглый год, на связи с нашими партнерами – производителями и потребителями инструмента. Получаем обратную связь, анализируем и совершенствуем форматы, формируем деловую программу, расширяем экспозиционную часть. Так, в этом году основной ассортимент выставки дополнится инструментом для сервиса и ремонта*





промышленного оборудования – производственные предприятия смогут решить свои задачи по обеспечению бесперебойной работы техники. Что останется неизменным, так это атмосфера инструментального праздника, в которой проходит каждая выставка. Будем делиться опытом, создавать новые бизнес-альянсы, формировать завтрашний стабильный день отрасли», – прокомментировала директор выставки Гульнара Маркелова.

Гости MITEX смогут ознакомиться с технологическими новинками промышленного и бытового



назначения в более чем 27 тематических разделах, в числе которых ручной электрический и механический инструмент, оборудование для различных отраслей промышленности, строительства и ремонтных мастерских.

В 2021 году свою продукцию на выставке на площади в 12500 м<sup>2</sup> представили более 200 компаний из 12 стран мира. За четыре дня ее посетили свыше 9000 специалистов. Рекордным по количеству участников стал 2019 год – 558 компаний из 21 страны, 22000 посетителей, общая площадь выставки 22100 м<sup>2</sup>.

*Московская международная выставка MITEX – одно из центральных инструментальных событий России и СНГ, которое объединяет производителей, поставщиков и потребителей инструмента. Свою историю выставка ведет с 1998 года и первые годы носила имя InterTOOL. Под современным названием MITEX – Moscow International Tool Expo – проходит с 2008 года.*

*Ежегодно отраслевая площадка собирает элиту мировой инструментальной промышленности – свыше 200 компаний из более чем 10 стран мира. Выставка дает участникам возможность заявить о себе и найти новых заказчиков, оценить слабые и сильные стороны конкурентов, увидеть новые направления для роста.*

*Ассортимент решений представлен в более чем 27 тематических разделах, основные из которых – ручной электрический и механический инструмент, оборудование для металлообработки, лесной промышленности, строительства, сервиса и ремонта.*

*В рамках деловой программы MITEX обсуждаются актуальные вопросы развития российского инструментального рынка и средств малой механизации. Для посетителей выставки проводятся мастер-классы и столярные шоу.*

**ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ И УСЛОВИЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ СТАТЕЙ**  
**в редакцию периодического печатного издания «Горный журнал Казахстана»**  
(действуют с 1 сентября 2019 года)

**1. «Горный журнал Казахстана» принимает к публикации оригинальные статьи научного и научно-технического содержания, отражающие результаты исследовательской и научной деятельности, имеющие рекомендации к практическому применению решаемых вопросов по следующим направлениям (полный перечень рубрик указан на сайте [minmag.kz](http://minmag.kz)):**

- ✓ *Геотехнология (подземная, открытая и строительная)*
- ✓ *Геомеханика, маркшейдерское дело и геодезия*
- ✓ *Разрушение горных пород*
- ✓ *Горные машины и оборудование*
- ✓ *Обогащение полезных ископаемых*
- ✓ *Геоэкология горно-перерабатывающей промышленности*
- ✓ *Охрана труда и промышленная безопасность*
- ✓ *Теоретические основы проектирования горно-технических систем*
- ✓ *Металлургия*
- ✓ *Горно-промышленная геология и геофизика*
- ✓ *Экономика горно-металлургической отрасли*

По указанным направлениям также принимаются статьи обзорного характера, отвечающие критериям первой научной публикации.

**Дополнительные рубрики:**

- ✓ *Подготовка кадров (применительно к теме журнала)*
- ✓ *История горного дела, металлургии и геологии*
- ✓ *Юбилеи*
- ✓ *Реклама*

**2. Основные требования к статьям, представленным для публикации в журнале:**

- набор статьи производится шрифтом Times New Roman 12 с полуторным интервалом;
- общий объем статьи, включая рисунки, таблицы, метадаанные не должен превышать 8 печатных страниц;
- статьи (за исключением обзоров), должны содержать новые научные результаты;
- статья должна соответствовать тематике (см. п. 1), научному уровню журнала;
- статья должна быть оформлена в полном соответствии с требованиями, отраженными в п. 3;
- статья может быть представлена на казахском, русском или английском языке;
- в редакцию представляется окончательный, **тщательно выверенный вариант** статьи, исключающий необходимость постоянных доработок текста на этапах издательского процесса;
- перед отправкой статьи в редакцию журнала авторам необходимо проверить текст на предмет отсутствия плагиата с помощью специальной программы;
- необходимо указать одно из научных направлений, которому в наибольшей степени соответствует тематика статьи.

**3. Структура статьи** должна содержать следующие разделы:

- код МРНТИ (ГРНТИ <http://grnti.ru/?pl=52>) – шестизначный;
- название статьи (сокращения не допускаются, не допускается использование аббревиатур и формул; максимальное количество слов 10-12) должно быть информативным, соответствовать научному стилю текста, содержать основные ключевые слова, характеризующие тему (предмет) исследования и содержание работы, предоставляется на казахском и русском языках;
  - инициалы и фамилии авторов; статья должна иметь не более 4 авторов; знаком «\*» указывается автор-корреспондент;
  - сведения о каждом авторе (ученая степень, ученое звание, должность, место основной работы, контактные данные (адрес электронной почты), город, страна) предоставляются на казахском и русском языках;
  - полное название организации (-ий), где работают авторы (с указанием ведомственной принадлежности);
  - аннотация в соответствии с требованиями международных баз данных должна достаточно полно раскрывать содержание статьи, включая характеристику основной темы, проблемы объекта, цели исследования, основные методы, результаты исследования и главные выводы. В аннотации необходимо указать, что нового несет в себе статья в сравнении с другими, родственными по тематике и целевому назначению материалами. Аннотация (реферат) предоставляется на казахском и русском языках объемом не менее 700 и не более 900 символов (примерно 150...200 слов);
    - ключевые слова в количестве 6...10 устойчивых словосочетаний, по которым в дальнейшем будет выполняться поиск статьи (сокращения и аббревиатуры не допускаются): ключевые слова отражают специфику темы, объект и результаты исследования и предоставляются на казахском и русском языках;
    - текст статьи, содержащий следующие разделы (введение, методы/исследования, результаты, обсуждение результатов, заключение);
    - список использованных источников (10...12), в том числе не менее 3 зарубежных не ранее 2010 года, предоставляется на казахском и русском языках.

**Основной раздел статьи на казахском или русском языках должен быть четко структурирован.**

- ✓ Введение (*Introduction*) должно отражать актуальность темы исследования, обзор литературы по теме, постановку проблемы, формулировку целей и задач исследования.

✓ Методы/исследования (*Materials and Methods*) – описание методов исследования, схем экспериментов (наблюдений) с тем, чтобы позволить другим ученым и практикам воспроизвести результаты, пользуясь лишь текстами статьи; описание материалов, приборов, оборудования, выборка и условия проведения экспериментов (наблюдений).

✓ Результаты (*Results*). Этот раздел должен отражать фактические результаты исследования (текст, таблицы, графики, диаграммы, уравнения, фотографии, рисунки).

✓ Обсуждение результатов (*Discussion*) – типовая структура этого раздела имеет такой вид:

- чем могут быть объяснены полученные результаты;
- благодаря каким именно особенностям предложенных решений обеспечиваются преимущества;
- что можно считать преимуществами данного исследования по сравнению с аналогами;
- в чем состоят недостатки исследования;
- в каком направлении исследование целесообразно развивать, с какими трудностями при этом можно столкнуться.

✓ Заключение (*Conclusion*) – краткие итоги разделов статьи без повторения формулировок, приведенных в ней.

✓ Благодарности (*Acknowledgments*) – выражение признательности коллегам за помощь.

**ПОДПИСИ К РИСУНКАМ и ЗАГОЛОВКИ ТАБЛИЦ** оформляются отдельным блоком на казахском, русском и английском языках.

**РИСУНКИ** должны иметь расширение графических редакторов CorelDraw, Photoshop, Illustrator и т. п.). Фотографии должны быть предельно четкими в графическом формате (TIFF, JPEG, CDR) с разрешением не менее 300 dpi. Все буквенные и цифровые обозначения на рисунках необходимо пояснить в основном или подрисовочном текстах. Надписи и другие обозначения на графиках и рисунках должны быть четкими и легко читаемыми. Подписи к рисункам и заголовки таблиц **ОБЯЗАТЕЛЬНЫ**.

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ** следует набирать в формульном редакторе MathTypes Equation или MS Equation, греческие и русские буквы в формулах набирать прямым шрифтом (опция текст), латинские – курсивом. **Обозначения величин и простые формулы в тексте и таблицах набирать как элементы текста** (а не как объекты формульного редактора). Нумеровать следует только те формулы, на которые есть ссылки в последующем изложении. Нумерация формул сквозная.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ** составляется в порядке цитирования и оформляется в строгом соответствии с ГОСТ Р 7.05-2008. Ссылки на литературу в тексте отмечаются по мере их появления порядковыми номерами в квадратных скобках. В список литературы не включаются любые материалы, не имеющие конкретного автора, в том числе: законы, стандарты (включая ГОСТ), статьи из словарей и энциклопедий, страницы сайтов, для материалов которых не указан конкретный автор и интервал страниц. Если у Вас возникает необходимость сослаться на подобные материалы, то ссылки на них оформляются как сноски в тексте статьи. Список приводится на русском (казахском) языке, а также в переводном и транслитерированном варианте (транслитерация выполняется по стандарту BSI: <https://translit.net/ru/bsi/>). Оба варианта списка литературы должны быть идентичны по содержанию. Сначала подготавливается русскоязычный (казахскоязычный) список литературы, включающий все источники (даже на иностранных языках), затем он переводится на английский язык и транслитерируется.

**К статье прилагаются сведения на английском языке:**

✓ заглавие (Title) – без сокращений и транслитерации, кроме случаев, когда встречаются непередаваемые названия имен собственных, например, название предприятий, приборов и др.;

✓ фамилия и инициалы (автора (-ов) (Byline) – транслитерация по системе BSI (<http://www.translit.ru>). Для англоязычных метаданных важно соблюдать вариант написания сведений об авторе в последовательности: полное имя, инициал отчества, фамилия;

✓ сведения об авторе (-ах), без сокращений;

✓ полное название организации (аббревиатуры не допускаются, дается полное название организации и ведомственная принадлежность, в том виде, в котором их профиль идентифицирован в БД Scopus), ее адрес, город, страна с указанием индекса;

✓ реферат (аннотация) – Abstract. В реферат не допускается включать ссылки на источники из полного текста, а также аббревиатуры, которые раскрываются только в полном тексте. Реферат должен быть:

- информативным (не содержать общих слов);
- оригинальным (не быть калькой казахско-русскоязычной аннотации с дословным переводом);
- содержательным (отражать основное содержание статьи и результаты исследований);
- структурированным (следовать логике описания результатов в статье, кратко отображая основные мысли, содержащиеся в ее структурных частях – от проблемы, цели и методов до результатов исследований, предложений и главных выводов);
- быть написанным качественным английским языком;
- объемом не менее 700, но не более 900 знаков, включая пробелы.

✓ ключевые слова (Keywords) в количестве не менее 10, сокращения не допускаются, также не допускается использование слов в кавычках.

#### 4. Условия приобретения журналов авторами.

С автором(ами) заключается договор о приобретении не менее 5 (пяти) экземпляров журнала с 50% скидкой, которые он(они) имеют право распространять среди горной общественности. Для авторов, проживающих в других городах (кроме г. Алматы) и не имеющих представителей в г. Алматы, в счет включаются почтовые услуги. После оплаты статья публикуется в очередном номере журнала, а автору(авторам) предоставляются экземпляры журнала, согласно счету.



**МЫ ОПРЕДЕЛЯЕМ БУДУЩЕЕ СВАРКИ И РЕЗКИ!**

050008 г. Алматы, Республика Казахстан, ул. Сатпаева, д. 29Д  
Тел. (727) 352 86 60, E-mail: [Almaty.sales@esab.ru](mailto:Almaty.sales@esab.ru)