WWW.NUCLEAR.KZ

ЯДЕРНОЕ ОБЩЕСТВО КАЗАХСТАНА

№ 3 (63) 2023

БІРІНШІ ОТАНДЫҚ РАДИАЦИЯЛЫҚ-ТІГІЛГЕН КАБЕЛЬДІК ӨНІМДІ ІСКЕ ҚОСУ

ЗАПУСК ПЕРВОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ РАДИАЦИОННО-СШИТОЙ КАБЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

LAUNCH OF THE FIRST DOMESTIC RADIATION CROSS-LINKED CABLE PRODUCTS

ЖОҒАРЫ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ САЛАЛАРДАҒЫ ӘЙЕЛДЕР

ЖЕНЩИНЫ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ

WOMEN IN HIGH-TECH INDUSTRIES

БОЛАШАҚ МЕТАЛДЫ ЖАСАУШЫЛАР

СОЗДАТЕЛИ МЕТАЛЛА БУДУЩЕГО

CREATORS OF METAL OF THE FUTURE

the-lemon-watch.deviantart.com

Қазақстаның қызыл кітабы
Красная книга Казахстана
The Red List of Kazakhstan

ҚЫЗЫЛЖЕМСАУЛЫ ҚАРАШАҚАЗ

Краснозобая казарка – Branta ruficollis

Самый мелкий и яркий из гусей, которые встречаются в Казахстане, один из мировых символов охраны птиц. Вся популяция вида, гнездящегося в тундре, летит на зимовки через нашу страну и набирается здесь сил для полета.
Главным условием для гнездования является наличие поблизости птиц-«покровителей»: территориальной пары сапсанов, реже – мохноногих канюков, белой совы, или колоний крупных чаек, которые отгоняют и от свое го гнезда, и от соседей-казарок их главного врага – песцов.
Для популяции краснозобой казарки характерна значительная доля (до 48%, а в неблагоприятные годы до 89% и более) неразмножающихся птиц, которые линяют в пределах гнездовой области.

МАЗМҰНЫ
СОДЕРЖАНИЕ
CONTENT

БІРІНШІ ОТАНДЫҚ РАДИАЦИЯЛЫҚ-ТІГІЛГЕН 2
КАБЕЛЬДІК ӨНІМДІ ІСКЕ ҚОСУ
ЗАПУСК ПЕРВОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ
РАДИАЦИОННО-СШИТОЙ КАБЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ
LAUNCH OF THE FIRST DOMESTIC
RADIATION CROSS-LINKED CABLE PRODUCTS

АРМАН СҮЛЕЙМЕНОВ: МЕНІҢ СЕНЕТІН АДАМЫМ БАР! 6
АРМАН СУЛЕЙМЕНОВ: МНЕ ЕСТЬ НА КОГО ПОЛОЖИТЬСЯ!
ARMAN SULEIMENOV: I HAVE SOMEONE TO RELY ON!

МИХАИЛ ЧУДАКОВ: «БІЗ ҮМЗ-НА ҚОЛДАУ 12
МЕН ЫНТЫМАҚТАСТЫҚ ҮШІН АЛҒЫС АЙТАМЫЗ»
МИХАИЛ ЧУДАКОВ: «МЫ БЛАГОДАРНЫ УМЗ ЗА
ПОДДЕРЖКУ И СОТРУДНИЧЕСТВО»
MIKHAIL CHUDAKOV: «WE ARE GRATEFUL
TO UMP FOR SUPPORT AND COLLABORATION»

ҰҢҒЫМАЛАРДЫ ХИМИЯЛЫҚ 20
ӨҢДЕУДІҢ ЖЫЛЖЫМАЛЫ ҚОНДЫРҒЫСЫ
ПЕРЕДВИЖНАЯ УСТАНОВКА
ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СКВАЖИН
A MOBILE INSTALLATION FOR CHEMICAL
TREATMENT OF WELLS

СЯСП, ЦЕЗИЙ ЖӘНЕ ӘЖЕМНІҢ КӨМІРІН ЖАБУ ТУРАЛЫ 24
ПРО ЗАКРЫТИЕ СИЯП, ЦЕЗИЙ И БАБУШКИНУ УГЛЯРКУ
ABOUT SHUTTING DOWN OF SNTS, CESIUM,
AND GRANDMA'S CHARCOAL

БОЛАШАҚ МЕТАЛДЫ ЖАСАУШЫЛАР 30
СОЗДАТЕЛИ МЕТАЛЛА БУДУЩЕГО
CREATORS OF METAL OF THE FUTURE

ЯДРОЛЫҚ САЛАДАҒЫ ӘЙЕЛДЕР
ЖЕНЩИНЫ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ
WOMEN in NUCLEAR

ЖОҒАРЫ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ 48
САЛАЛАРДАҒЫ ӘЙЕЛДЕР
ЖЕНЩИНЫ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ
WOMEN IN HIGH-TECH INDUSTRIES

АҚЫЛМАНДАР САРАБЫ
МОЗГОВОЙ ШТУРМ
BRAIN STORM

БН-350 РЕАКТОРЫНДА СӘУЛЕЛЕНГЕН 50
08Х16Н11М3 АУСТЕНИТТІ БОЛАТТЫҢ ФАЗАЛЫҚ
ҚҰРАМЫНА РАДИАЦИЯДАН КЕЙІНГІ
КҮЙДІРУЛЕРДІҢ ӘСЕРІ
ВЛИЯНИЕ ПОСТРАДИАЦИОННЫХ ОТЖИГОВ НА
ФАЗОВЫЙ СОСТАВ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ
08Х16Н11М3, ОБЛУЧЕННОЙ В РЕАКТОРЕ БН-350
INFLUENCE OF POST-RADIATION ANNEALING ON
THE PHASE COMPOSITION OF 08Cr16NIi1M3
AUSTENITIC STEEL IRRADIATED IN THE BN-350 REACTOR

$LnScO_3$ НЕГІЗІНДЕГІ ИОНДЫҚ ӨТКІЗГІШТЕРДЕН 63
CO_2 ЖӘНЕ H_2O ТЕРМИЯЛЫҚ ДЕСОРБЦИЯ
ПРОЦЕСТЕРІН ЗЕРТТЕУ
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕРМОДЕСОРБЦИИ CO_2 И
H_2O ИЗ ИОННЫХ ПРОВОДНИКОВ НА ОСНОВЕ $LnScO_3$

МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ЖЕРГІЛІКТІ БЕТІНЕ 72
ЖАҚЫН ҚАБАТТАРЫНЫҢ КОНВЕРСИЯЛЫҚ
ЭЛЕКТРОНДЫ МЕССБАУЭР СПЕКТРОСКОПИЯСЫ
КОНВЕРСИОННАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ МЕССБАУЭРОВСКАЯ
СПЕКТРОСКОПИЯ ЛОКАЛЬНЫХ
ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ МАТЕРИАЛОВ
CONVERSION ELECTRON MÖSSBAUER SPECTROSCOPY OF
LOCAL NEAR-SURFACE LAYERS OF MATERIALS

КОРПУСТЫҢ АҚАУЛАРЫН ЖОЮ ТЕХНОЛОГИЯСЫ 81
ТЕХНОЛОГИЯ УСТРАНЕНИЯ ДЕФЕКТОВ
ОБСАДНОЙ КОЛОННЫ
TECHNOLOGY FOR ELIMINATING
CASING STRINGS DEFECTS

ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ҰҢҒЫМАЛАРДЫҢ ОҚПАНЫН 88
КЕҢЕЙТУГЕ АРНАЛҒАН ШАРЖЫЛЫ ҚАШАУ
ШАРОШЕЧНОЕ ДОЛОТО ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ
СТВОЛА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН
ROLLER CONE BIT FOR REAMING PROCESS WELLBORES

УРАН ӨНДІРУ ҚЫЗМЕТІНІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ 94
ЖАУАПКЕРШІЛІГІ
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ
УРАНОДОБЫВАЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
THE ENVIRONMENTAL RESPONSIBILITY OF
URANIUM MINING ACTIVITIES

Редакция алқасы:
Школьник В.С., Жантикин Т.М., Батырбеков Э.Г. , Тажибаева И.Л.
Жоба директоры: Сейфуллина Т.А.
Журнал 4138-Ж номерімен 2003 ж. 13 тамызда
Мәдениет, ақпарат және бұқаралық келісім министрлігінде тіркелді
Редакция мекенжайы: Қазақстан Республикасы, 050020, Алматы қаласы,
Чайкина көшесі 4, Тел./факс +7 727 264 67 19, e-mail: info@nuclear.kz
Таралымы: 3 000 дана
Типографиясында басылды: «Типография Форма Плюс» ЖШС, Караганды қаласы, Молоков көшесі, 106, корпус 2. КНП 710.
Дизайн және беттеу: Алиев С.А.

БІРІНШІ ОТАНДЫҚ РАДИАЦИЯЛЫҚ-ТІГІЛГЕН КАБЕЛЬДІК ӨНІМДІ ІСКЕ ҚОСУ

2023 жылдың қыркүйегінде «Ядролық технологиялар паркі» АҚ базасында «ЭЛВ-4 электронды үдеткішінде қорғаныс ортасында полимерлі кабельдік оқшаулауды модификациялау» жобасын іске асыру шеңберінде фотоэлектрлік жүйелерге арналған кабельдік өнімді сәулелендіру үшін қайта орау желісі іске қосылды. Кәдімгі кабельдерден айырмашылығы, күн кабелінде мыс өткізгіштерді қоршаған ортаға әсер етудің барлық түрлерінен (жаңбыр, қар, ультракүлгін сәулелену, температураның өзгеруі) қорғайтын арнайы екі қабатты оқшаулау бар. Бұл кабельдер фотоэлектрлік станциялар мен жүйелерді пайдалану кезінде қиындықтарды болдырмайды.

«Ядролық технологиялар паркі» АҚ және «Қазэлектромаш» ЖШС-мен бірлесіп құрылған «BETA IZOL» ЖШС стартап компаниясы осы уақытқа дейін Қазақстанда кабельдік өнімдерді шығару кезінде қолданылмаған радиациялық-тігілген оқшауламасы бар отандық кабельдер шығарады. Өңдеу тотығу деградациясын төмендету үшін инертті ортада жүзеге асырылады. Өнімнің айрықша ерекшеліктері – қысқа тұйықталу кезіндегі термиялық тұрақтылықтың жоғары тогы, төмен меншікті зақымдану және төмен гигроскопиялық, үлкен құрылыс ұзындығы және кабельдік бұйымдардың төмен салмағы, жұмыс режиміндегі оқшаулаудың рұқсат етілген температурасының жоғарылауына байланысты жүктеме қабілетінің жоғарылауы. Болашақта мұнай-суасты кабельдерін шығару да жоспарлануда.

Бүгінгі таңда күн кабельдерінің келесі түрлері шығарылады:

1. **КЭМ B-Izol Solar КАБЕЛЬ МАРКАЛЫ (1,2 түрі)**

Галогенсіз және түтін деңгейі төмен бір ядролы икемді электр кабелі күн панельдері мен түрлендіргіштерді номиналды кернеуі 1,5 кВ тұрақты токқа және қоршаған орта температурасы 90°С дейін қосу үшін фотоэлектрлік жүйелерде пайдалануға арналған. Кабель ТУ 27.32.14-001-56416250-2022 бойынша жасалған, EN 5061:2014-12 стандартына сәйкес жасалған.

2. **КЭМ B-Izol Solar (1 түр) 1х4,0-1,5 кВ**

Кабельді жобалау:

- МЕМСТ 22483-2012 бойынша 5-ші классты мыс қалайыланған сымдардан өткізгіш жіп;
- өздігінен тігілетін, түтін деңгейі төмен, галогенсіз отқа төзімді полиолефин қоспасынан оқшаулау;
- өздігінен тігілетін, түтін деңгейі төмен, галогенсіз отқа төзімді полиолефин қоспасынан жасалған қабық.

4,0 мм² номиналды қимасы бар бір мыс қалайыланған көп сымды дөңгелек тұрғын үймен оқшауланған және өздігінен тігілетін полиолефин қоспасынан жасалған қабығы бар фотоэлектрлік кабельдің шартты белгісін жазу мысалы.

3. **КЭМ B-Izol Solar (1 түр) 1х4,0-1,5 кВ**

- Қабықтың беткі кедергісі кемінде 1 ГОм;
- Қоршаған орта температурасында пайдалану;
- Минус 40°С-тан плюс 90°С-қа дейін;
- Өткізгіштің максималды температурасы 120°С.

Қысқа тұйықталудың максималды рұқсат етілген температурасы 5 с ішінде 250°С құрайды.

Жобалық қуаттылығы жылына 15 мың шақырымға дейін кабельдік-өткізгіш өнімдерді құрайды. Елдегі алғашқы күн электр станциясын салу үшін радиациялық модификацияланған оқшаулағышы бар инновациялық кабель-өткізгіш өнімдерін сатып алған Өзбекстандық компаниямен жасалған алғашқы халықаралық келісімшарт орындалды. Күн панельдерін салу үшін қазақстандық өнімдердің бірінші партиясы көрші елге жеткізілді.

Бүгінгі таңда кабельді брондау және өруге арналған жабдықты орнату жұмыстары аяқталды. Кабельдік өнімдер ассортиментін кеңейту жоспарлануда. Мысалы, нанодисперсті графен тәрізді толтырғышы бар жаңа PTC полимерін, содан кейін үдеткіште электрондарды, жылжымалы құрамға арналған кабельдерді (локомотивтер мен вагондар) және атом электр станцияларына арналған кабельдерді өзгерту жоспарлануда.

2024 жылғы 23-26 қаңтар аралығында Филиппиннің Манила қаласында өтетін Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA) жыл сайынғы форумы аясында 70 және 95°С температурада азот атмосферасындағы үлгілерді термиялық өңдеуден кейінгі зерттеу жұмыстары туралы баяндама ұсынылады. Бұл зерттеу бос радикалдардың қозғалғыштығының өзгеруін және полиэтилен қабаттарындағы қалдық бос радикалдардың рекомбинациясын, сондай-ақ сәулеленген үлгілердің полиэтилен қабаттарындағы деградациялық реакция жылдамдығының төмендеу дәрежесін және айқаспалы байланыс дәрежесін бағалауға мүмкіндік береді.

Әйгерім ҚАБИДОЛДИНА,
ЯТП

ЗАПУСК ПЕРВОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ РАДИАЦИОННО-СШИТОЙ КАБЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

В сентябре 2023 года на базе АО «Парк ядерных технологий» была запущена перемоточная линия для облучения кабельной продукции для фотоэлектрических систем в рамках реализации проекта «Модификация полимерной кабельной изоляции в защитной среде на ускорителе электронов ЭЛВ-4». В отличие от обычных кабелей, кабель для солнечных батарей имеет специальную двухслойную изоляцию, которая защищает его медные проводники от всех видов воздействия окружающей среды (дождь, снег, ультрафиолетовое излучение, изменения температуры). Эти кабели позволяют избежать проблем при эксплуатации фотоэлектрических станций и систем.

Стартап компания ТОО «BETA IZOL», созданная совместно с АО «Парк ядерных технологий» и ТОО «Казэлектромаш», производит отечественные кабели с радиационно-сшитой изоляцией, которая до этого в Казахстане не применялась при выпуске кабельной продукции. Обработка проводится в инертной среде для снижения окислительной деградации. Отличительными особенностями продукции являются высокий ток термической устойчивости при коротком замыкании, низкая удельная повреждаемость и малая гигроскопичность, большие строительные длины и малый вес кабельных изделий, повышенная нагрузочная способность, обусловленная более высокой допустимой температурой изоляции в рабочем режиме. В перспективе также планируется выпуск нефтепогружных кабелей.

На сегодняшний день производятся следующие типы солнечных кабелей:

1. **КАБЕЛЬ МАРКИ КЭМ B-Izol Solar (тип 1,2)**

Кабель одножильный гибкий электрический с сшитой изоляцией и оболочкой, не содержащий галогенов и с низким уровнем дыма предназначен для использования в фотоэлектрических системах для подключения панелей солнечных батарей и преобразователей на номинальное напряжение 1,5 кВ постоянного тока и температурой окружающей среды до 90°С. Кабель изготовлен по ТУ 27.32.14-001-56416250-2022, разработанным в соответствии со стандартом EN 5061:2014-12.

2. **КЭМ B-Izol Solar (тип 1) 1x4,0-1,5 кВ**

Конструкция кабеля:

- токопроводящая жила из медных луженых проволок 5 класса по ГОСТ 22483-2012;
- изоляция из самосшивающегося, с низким уровнем дыма, безгалогенового огнезащитного полиолефинового компаунда;
- оболочка из самосшивающегося, с низким уровнем дыма, безгалогенового огнезащитного полиолефинового компаунда.

Пример записи условного обозначения кабеля фотоэлектрического с изоляцией и оболочкой из самосшивающегося полиолефинового компаунда, с одной медной луженой многопроволочной круглой жилой номинальным сечением 4,0 мм^2:

3. **КЭМ B-Izol Solar (тип 1) 1x4,0-1,5 кВ**

- Поверхностное сопротивление оболочки не менее 1 ГОм;
- Эксплуатации при температуре окружающей среды;
- Минус 40°С до плюс 90°С;
- Максимальная температура проводника 120°С;

Максимально допустимая температура короткого замыкания 250°С в течение 5 с.

Проектная мощность составляет до 15 тысяч километров кабельно-проводниковой продукции в год. Исполнен первый международный контракт заключенный с компанией из Узбекистана, которая закупила инновационную кабельно-проводниковую продукцию с радиационно-модифицированной изоляцией для строительства первой солнечной электростанции в стране. Первая партия казахстанской продукции для строительства солнечных панелей уже доставлена в соседнюю страну.

На сегодняшний день уже завершены работы по установке оборудования для бронирования и оплетки кабеля. Планируется расширение ассортимента кабельной продукции. Например, планируется изготовление нового PTC полимера с нанодисперсным графеноподобным наполнителем с последующей модификацией на ускорителе электронов, кабелей для подвижного состава (локомотивов и вагонов) и кабелей для атомных электростанций.

В рамках ежегодного форума Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA), которая будет проходить с 23 по 26 января 2024 года в городе Манила, Филиппины, будет представлен доклад о дальнейшей научно-исследовательской работе по посттермической обработке образцов в атмосфере азота при температуре 70 и 95°С. Данное исследование позволит оценить изменение подвижности свободных радикалов и рекомбинацию остаточных свободных радикалов в слоях полиэтилена, а также степень снижения скорости реакции деградации в слоях полиэтилена облученных образцов и степень сшивки.

Айгерим КАБИДОЛДИНА,
АО «ПЯТ»

LAUNCH OF THE FIRST DOMESTIC RADIATION CROSS-LINKED CABLE PRODUCTS

In September 2023, a rewinding line for irradiating cable products for photovoltaic systems was launched at the Nuclear Technology Park JSC as part of the implementation of the project «Modification of polymer cable insulation in a protective medium at the ELV-4 electron accelerator». Unlike conventional cables, solar cables have a special double-layer insulation that protects its copper conductors from all kinds of environmental influences (rain, snow, UV radiation, temperature changes). These cables avoid problems in the operation of photovoltaic plants and systems.

The startup company BETA IZOL LLP, established jointly with Nuclear Technology Park JSC and Kazelectromash LLP, produces domestic cables with radiation cross-linked insulation, which has not been previously used in Kazakhstan for cable products. Processing is carried out in an inert medium to reduce oxidative degradation. Distinctive features of the products are high thermal stability current at short circuit, low specific damage and low hygroscopicity, large construction lengths and low weight of cable products, increased load capacity due to higher permissible temperature of insulation in operating mode. The production of oil-submersible cables is also planned in the future.

The following types of solar cables are produced today:

1. **KEM B-Izol Solar cable (type 1,2)**

Single-core flexible electric cable with cross-linked insulation and shell, halogen-free and low-smoke is designed for use in photovoltaic systems for connection of solar panels and converters for rated voltage of 1.5 kV DC and ambient temperature up to 90°C. The cable is manufactured according to TC 27.32.14-001-56416250-2022, developed in accordance with EN 5061:2014-12.

2. **KEM B-Izol Solar cable (type 1) 1x4,0-1,5 kV**

Cable design:

- conductive core made of tinned copper wires of class 5 according to GOST 22483-2012;
- Insulation made of self-crosslinking, low smoke, halogen-free flame-retardant polyolefin compound;
- shell made of self-bonding, low smoke, halogen-free flame-retardant polyolefin compound.

Sample recording of the conventional designation of a photoelectric cable with insulation and sheath made of self-crosslinking polyolefin compound, with one copper tinned multi-conductor round core with nominal cross-section of 4.0 mm^2:

3. **KEM B-Izol Solar cable (type 1) 1x4,0-1,5 kV**

- Shell surface resistance not less than 1 Gohm;
- Operation at ambient temperature;
- From -40°C up to +90°C;
- Maximum temperature of conductor is 120°C;

Maximum permissible short-circuit temperature 250°C for 5 s.

The design capacity is up to 15 000 kilometers of cable and wire products per year. The first international contract signed with a company from Uzbekistan, which purchased innovative cable-conductor products with radiation-modified insulation for the construction of the first solar power plant in the country. The first batch of Kazakhstani products for the construction of solar panels has already been delivered to the neighboring country.

As of today, the installation of cable armoring and braiding equipment has already been completed. It is planned to expand the range of cable products. For example, it is planned to produce a new PTC polymer with nano disperse graphene-like filler with subsequent modification at the electron accelerator, cables for rolling stock (locomotives and cars) and cables for nuclear power plants.

A report on further research work on post-thermal treatment of samples in a nitrogen atmosphere at 70 and 95°C will be presented at the annual Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA) to be held from January 23-26, 2024, in Manila, Philippines. This study will evaluate the change in free radical mobility and recombination of residual free radicals in polyethylene layers, as well as the extent to which the degradation reaction rate in the polyethylene layers of irradiated samples is reduced and the degree of crosslinking.

Aigerim KABIDOLDINA,
NTP JSC

АРМАН СҮЛЕЙМЕНОВ:

МЕНІҢ СЕНЕТІН АДАМЫМ БАР!

Желтоқсан – «Үлбі-ЖБЖ» ЖШС үшін ерекше басы басталды.

Бес жылдан кейін – 2020 жылдың 25 желтоқсанында «Қазатомөнеркәсіп» ҰАК» АҚ еншілес ұйымы «ҮМЗ» бірлескен кәсіпорны (51%) және қытайлық CGNPC-URC (49%) компаниясы жылу бөлетін жинақтар (ЖБЖ) өндіру зауытын басқаруға мемлекеттік лицензия алды.

2024 жылы «Үлба-ЖБЖ» жобалық қуатқа шығуды жоспарлап отыр. Бұл ЖБЖ түріндегі уран эквивалентіндегі 200 тонна. Кәсіпорынның бас директоры Арман Сүлейменов қызметкерлердің осы тарихи сәтті қалай жақындататыны туралы айтып берді.

Арман Асхатұлы, зауыт үшін өткен жыл қандай ерекше болды?

Бұл өте қарқынды және сонымен бірге өнімді уақыт болды. Барлығы біз Қытайға бес жеткізілім жасадық. Олардың төртеуін біздің серіктестеріміз қабылдады. Осылайша, жыл соңына дейін төмен байытылған уранға қайта есептегенде жалпы 150 тонна өнім жөнелтілетін болады. Қытайдың атом электр станциясының реакторларына екі отын тиелген. Бұл «Янцзянь» және «Фанчэнган» станциялары.

Осы уақыт ішінде қандай қиындықтарға тап болдыңыз?

«Қалыптасу» кезеңінде, біз айтқандай, көптеген қиындықтар болды. Оларға жабдық проблемалары мен қытайлық тұтынушылардың күтпеген талаптары кіреді. Атап айтқанда, отын түйіршіктеріндегі сутекті бақылау туралы. Нәтижесінде зауытта жаңа бөлім – таблеткаларды кептіру бөлімі пайда болды. Уран диоксиді түйіршіктерін кептіру олардың құрамындағы сутегін бақылау және азайту үшін қажет.

Сондай-ақ тасымалдау және орау жинақтары (ТОЖ) бойынша қиындықтар болды. Бұл серіктестеріміздің жаңа өнімі. Оларды өздері жасады. Кейіннен АЭС талабы бойынша ТОЖ-ын өзгертуге тура келді.

Оған қоса, құрал-жабдықтармен, өндірісте, тасымалдауда қиындықтар болды – бәрі де бірінші рет жасалып жатқан еді. Бірақ біз барлық қиындықтарды сәтті жеңдік.

Ұжымның жұмысын қалай бағалайсыз?

Біздің ұжым керемет. Әр түрлі ұлттар мен мәдениеттердің адамдары жұмыс істейтініне қарамастан, өзара түсіністік өте жақсы. Қазір зауытта 150-ден астам адам жұмыс істейді. Бұл ретте қосымша жиынтық жүргізілуде, өйткені келесі жылы таблеткалар мен ЖБЖ учаскесі екі ауысымды жұмысқа ауысады. Негізінен аппаратшылар қажет.

ілдік кедергі қызметкерлердің бір бөлігі ҚХР азаматтары болғанына қарамастан, бұл мүлдем проблема емес. Біріншіден, біздің жұмысшылардың көпшілігі ағылшын тілінде сөйлейді, екіншіден, қызметкерлер әртүрлі жолдармен ортақ тіл табуға тырысады. Дегенмен, зауытта «біздің» және «біздікі емес» деп бөлу жоқ! Біз бәріміз бір үлкен командамыз!

Сіздің жас ұжымыңызда қандай дәстүрлер қалыптасты?

Әзірге олардың саны аз. Бірақ біз қазірдің өзінде Жаңа жыл, Наурыз, 8 наурыз, Батырлар күні және басқа мерекелерді бірге тойлаймыз. Жігіттер жұмыстан тыс уақытта да бірге жүреді.

Қытайлық серіктестермен қарым-қатынасыңыз туралы айтып берсеңіз.

Өзара әрекеттесу барлық уақытта болады. Өнім өндіруді қытай тарапының өкілдері қадағалайды. Олар барлық процестерді өте қатаң бақылайды. Даулар жиі туындайды, бірақ олардың барлығы ымыраға келу арқылы шешіледі.

Қытайлықтардан не үйренуге болады?

Екі нәрсе: табандылық пен сабырлылық!

Зауыт өмір сүру кезеңінде сіз үшін неге айналды?

Бұл менің өмірімдегі үлкен, қызықты және маңызды жоба. Күнделікті жұмысыммен қатар «медиа» тұлғасына айналып, жиі сұхбат беріп жүрмін. Шынымен, біз күн сайын күрделі мәселелерді шешеміз. Өндіріске қажеттінің бәрін қалай сатып алу керек, кейінірек – күрделі геосаяси жағдайды ескере отырып, жоғары сапалы өнім шығарып, жеткізу бар!

Сіз бірден басшы лауазымына келістіңіз бе?

Иә, мен бірден келісіп, кәсіпорынның қандай қиындықтарға тап болуы мүмкін екенін елестетіп көрдім. Дегенмен, мен сәл «бақыттымын», негізгі құрылыс менсізөтті, бірақ маған өндірісті іске қосып, жөндеуге тура келді. Бақытымызға орай, ұжым өте жақсы. Сенетін адамдар бар!

2024 жылға арналған жоспарларыңызбен бөлісе отырсаңыз.

Негізгі міндет – жобалық қуаттылыққа – уран баламасында 200 тонна дайын өнім шығару. Бұл Қытайға алты жеткізілім болады дегенді білдіреді!

Жаңа жыл қарсаңында ұжымға не тілейсіз?

Ең бастысы, жұмыс әрқашан қуаныш әкелсін. Сондай-ақ денсаулық, шығармашылық табыс, үйлесімділік, қойылған барлық міндеттерді орындауды тілеймін!

Алексей ПРОСКУРЯКОВ,
«ҮМЗ» АҚ баспасөз қызметі

МНЕ ЕСТЬ НА КОГО ПОЛОЖИТЬСЯ!

АРМАН СУЛЕЙМЕНОВ

Декабрь – особое время для ТОО «Ульба-ТВС». Именно в этом месяце в 2015 году стартовал проект по созданию завода.

Пять лет спустя – 25 декабря 2020 года совместное предприятие УМЗ, «дочка» АО «НАК «Казатомпром» (51%) и китайской компании CGNPC-URC (49%) получило гос.лицензию на эксплуатацию завода по производству тепловыделяющих сборок (ТВС).

В 2024 году «Ульба-ТВС» планирует выйти на проектную мощность. Это 200 тонн в урановом эквиваленте в виде ТВС. О том, как сотрудники приближают этот исторический момент, нам рассказал ген.директор предприятия Арман Сулейменов.

Арман Асхатович, чем для завода был примечателен уходящий год?

Это было достаточно напряжённое и одновременно – продуктивное время. В общей сложности мы осуществили 5 поставок в Китай. Четыре из них уже приняты нашими партнёрами. Таким образом, до конца года будет суммарно отгружено 150 тонн продукции в перерасчёте на низкообогащённый уран. Две партии ТВС уже загружены в реакторы АЭС Китая. Это станции «Янцзянь» и «Фанчэнган».

С какими сложностями пришлось столкнуться за это время?

На этапе «становления», как мы его называем, сложностей было немало. Среди них проблемы с оборудованием и неожиданные требования от китайских заказчиков. В частности, по контролю водорода в топливных таблетках. В результате на заводе появился новый участок – участок сушки таблеток. Сушка таблеток из диоксида урана необходима для контроля и снижения содержания в них водорода.

Также были сложности с транспортно-упаковочными комплектами (ТУК). Это новое изделие наших партнёров. Они их изготавливали сами. Позже по требованиям АЭС ТУКи пришлось дорабатывать.

Помимо этого, возникали трудности и с оборудованием, и с производством, и с транспортировкой – ведь все делалось впервые. Но со всеми вызовами мы благополучно справились.

Как оцениваете работу коллектива?

Коллектив у нас замечательный. Несмотря на то, что работают люди разных национальностей и культур, взаимопонимание отменное. Сейчас на заводе трудится более 150 человек. При этом ведётся дополнительный набор,так как в следующем году участок таблеток и ТВС переходит на двухсменную работу. В основном требуются аппаратчики.

Языковой барьер несмотря на то, что часть сотрудников – граждане КНР, вовсе не проблема. Во-первых, большая часть наших работников говорит по-английски, во-вторых, сотрудники стараются найти общий язык различными пу-

December is a special time for Ulba-TVS LLP. This was the month when the project to establish the plant was launched in 2015.

Five years later - on December 25, 2020, a joint venture of UMP, a subsidiary of NAC Kazatomprom JSC (51%) and the Chinese company CGNPC-URC (49%) received a state license to operate a plant for the production of fuel assemblies (FA).

Ulba-TVS plans to reach its full design capacity in 2024. This is 200 tons of uranium equivalent in the form of fuel assemblies. Arman Suleimenov, General Director of the enterprise, told us how the

I HAVE SOMEONE TO RELY ON!

ARMAN SULEIMENOV

employees are bringing this historic moment closer.

Arman Askhatovich, what was remarkable for the plant in the past year?

It was a busy and, simultaneously, productive time. In total, we made five deliveries to China. Four of them have already been accepted by our partners. Thus, by the end of the year we will have shipped a total of 150 tons of products in terms of low-enriched uranium. Two batches of fuel assemblies have already been loaded into the reactors of Chinese NPPs. These are the Yangjian and Fangchenggang plants.

What challenges have you faced during this time?

There were many difficulties at the « start-up» stage, as we call it. Among them were problems with equipment and unexpected requirements from Chinese customers. In particular, to control hydrogen in fuel pellets. As a result, a new section appeared at the plant – a section for drying tablets. Drying of uranium dioxide pellets is necessary to control and reduce the hydrogen content in them.

There were also difficulties with transportation and packaging kits («TPK»). This is a new product of our partners. They manufactured it themselves. Later, they had to modify them according to the requirements of the NPP.

In addition, there were difficulties with equipment, production, and transportation – everything was done for the first time. But we successfully coped with all the challenges.

How do you evaluate the work of the team?

Our team is wonderful. Despite the fact that people of different nationalities and cultures work together, mutual understanding is excellent. Currently, more than 150 people work at the plant. At the same time, additional recruitment is underway, as next year the tablets and fuel assemblies' section will switch to two-shift work. Mostly machine operators are needed.

The language barrier, even though some of the employees are Chinese citizens, is not a problem at all. Firstly, most of our employees speak English, and secondly, the employees try to find a common language in various ways. However, there is no division into «ours» and «not ours» at the plant! We are all one big team!

тями. Впрочем, никакого деления на «наших» и «не наших» на заводе нет! Все мы – одна большая команда!

Какие традиции сложились в Вашем молодом коллективе?

Пока их немного. Но мы уже совместно отмечаем Новый год, Наурыз, 8 Марта, День батыра и другие праздники. Также ребята совместно проводят время и вне работы.

Расскажите о взаимодействии с китайскими партнёрами.

Взаимодействие происходит постоянно. Представители китайской стороны осуществляют надзор за производством продукции. Они довольно жёстко контролируют все процессы. Часто случаются споры, но все они разрешаются компромиссами.

Чему можно поучиться у китайцев?

Двум вещам: упорству и спокойствию!

Чем завод за время существования стал лично для Вас?

Это большой, интересный и значимый проект моей жизни. Помимо повседневной работы, я стал «медийной» личностью, часто даю интервью. Ну, а если серьёзно, то каждый день мы решаем непростые задачи. Как закупить все необходимое для производства, а позже – произвести качественную продукцию и поставить её, учитывая непростую геополитическую обстановку!

Сразу ли Вы согласились на должность руководителя?

Да, я согласился сразу и предполагал, какие трудности могут ждать предприятие. Впрочем, мне немного «повезло», основная стройка прошла без меня, однако пришлось запускать и отлаживать производство. Благо, коллектив хороший. Есть на кого положиться!

Поделитесь планами на 2024 год.

Главная задача: выход на проектную мощность – 200 тонн готовой продукции в урановом эквиваленте. Это означает, что поставок в Китай будет шесть!

Что пожелаете коллективу в преддверии Нового года?

Самое главное, пусть работа всегда приносит радость. А ещё желаю здоровья, творческой реализации, слаженности, успехов, выполнения всех поставленных задач!

Алексей ПРОСКУРЯКОВ,
пресс-служба АО «УМЗ»

What kind of traditions have been established in your young team?

There are not many of them yet. However, we already celebrate New Year, Nauryz, March 8, Batyr's Day and other holidays together. The guys also spend time together out of work.

Tell us about interaction with Chinese partners.

Interaction takes place on an ongoing process. Chinese representatives supervise the production of products. They control all processes quite strictly. Disputes often occur, but they are all resolved by compromise.

What can be learned from the Chinese?

Two things: persistence and calmness!

What the plant has become for you personally during its existence?

This is a big, interesting, and meaningful project of my life. In addition to my daily work, I have become a «media» personality, often giving interviews. Well, seriously, every day we solve difficult problems. How to procure everything we need for production, and later to produce quality products and deliver them, given the difficult geopolitical situation!

Did you immediately accept a management position?

Yes, I agreed immediately and assumed what difficulties might await the enterprise. However, I was a bit «lucky», as the main construction work took place without me, but I had to launch and debug production. The team is good. There is someone to rely on!

Share your plans for 2024.

The main task is to reach the full design capacity of 200 tons of finished product in uranium equivalent. This means that there will be six deliveries to China!

What would you wish the team on New Year's Eve?

Most importantly, let work always bring joy. I also wish you health, creative realization, coherence, success and fulfillment of all tasks.!

Alexey PROSKURYAKOV,
press service of UMP JSC

Информационный Центр по Атомным Технологиям

при Ассоциации «Ядерное общество Казахстана»

Задачи:
— популяризация науки и технического образования;
— распространение базовых знаний об атомной отрасли;
— активная работа с профессиональным научным сообществом;
— экологическое воспитание и борьба с радиофобией.

МИХАИЛ ЧУДАКОВ:

«БІЗ ҮМЗ-НА ҚОЛДАУ МЕН ЫНТЫМАҚТАСТЫҚ ҮШІН АЛҒЫС АЙТАМЫЗ»

19-26 маусым аралығында «Қазатомөнеркәсіп» ҰАК» АҚ еншілес кәсіпорны Үлбі металлургия зауытының (ҮМЗ) аумағында орналасқан АЭХА ТБУ банкінде (ТБУБ) уран гексафториді (УГФ) бар 24 цилиндрді қайта сертификаттаудың бірінші кезеңі өткізілді. Әлемдік тәжірибеде бұл процедура алғаш рет толтырылған цилиндрлерде жүргізілді.

Сертификаттауды АЭХА ұйымдастырды, ал жұмыстарды австриялық Irqa компаниясы мен болгариялық Bultest орындады. Бұл ретте қайта сертификаттау рәсімдері шеңберінде қажет цилиндрлерді айналдыруға және ұстауға арналған жабдықты «МАШЗАВОД» ЖШС дайындады.

Сертификаттау қорытындысы бойынша біріккен үйлестіру комитетінің (БҮК) XIII отырысы және АЭХА ТБУБ пайдалану жөніндегі IV жұмыс кеңесі өтті.

«ҮМЗ-информ» журналистері Михаил Валентиновичпен кездесіп, АЭХА ТБУ банкінің қайта сертификатталуы мен жұмыс істеуінің ең қызықты сәттерін білді.

Михаил Валентинович, сіз ТБУБ жобасын басқарасыз, оның АЭХА үшін қандай маңызы бар екенін айтып беріңізші.

АЭХА ТБУ банкі АЭХА-не мүше елдердің сұранысына байланысты АЭХА конференциясының шешімімен құрылды. 31 мемлекет қазірдің өзінде атом энергетикасын пайдалануда және 30-ға жуық атом станцияларын салғысы келеді. Бұл африка және азия елдері. ТБУ банкі атом энергиясын өндіргісі келетін, бірақ АЭС үшін отын жеткізудің жүйелілігіне күмәнданатын елдерге қажет. Осы мақсаттар үшін су-сулы энергетикалық реакторының (ССЭР-1000) бір жүктемесін немесе үш қайта жүктелуін өндіруге жеткілікті уран гексафторидінің қоры құрылды. Сонымен қатар, ТБУБ құру «жаңадан келген елдерді» уранды байыту бойынша өз өндірісін құру қажеттілігінен құтқарады, өйткені бұл жағдайда атом қаруын жасау қаупі бар. АЭХА отын жасау үшін шикізатты жеткізудің кепілі болып табылады және қажет болған жағдайда УГФ-ның қол сұғылмайтын қорын ұлғайтуға болады.

ҮМЗ-ның Банктің жұмыс істеуін қамтамасыз ету жөніндегі жұмысын қалай бағалайсыз?

АЭХА Қазақстан аумағында 2015 жылы әлемдегі алғашқы төмен байытылған уран банкін құру туралы келісімге қол қойылған сәттен бастап Үлбі металлургия зауытымен ынтымақтасады. 2019 жылы ТБУБ пайдалануға берілді. Қазір атом отынын жасау үшін 60 цилиндрде 90 тонна шикізат бар. Біз зауыттың жоғары білікті қызметкерлеріне УГФ сақтау үшін барлық жағдайлар жедел жасалғаны үшін алғыс айтамыз және бүгінгі таңда АЭХА-мен жасалған шартқа сәйкес ТБУБ-кін сенімді пайдалану қамтамасыз етілуде.

Сондай-ақ, сіз АЭХА-нің тең төрағасы болып табылатын бірлескен үйлестіру комитетінің кезекті отырысы өтті. Осы комитеттің жұмысы туралы айтып беріңізші.

БҮК – бұл жобаның барлық қатысушыларының төмен байытылған уран бойынша бірлескен жұмыс комитеті. Ол жыл сайын жиналады. Онда менен басқа тағы бір тең төраға – ҚР ЭМ атом энергетикасы және өнеркәсіп департаментінің директоры Ғұмар Серғазин бар. Комитет отырыстарында ТБУ-ды бір жыл ішінде пайдалану жөніндегі өзекті мәселелер, сондай-ақ заңнама, кедендік және қаржылық қамтамасыз ету мәселелері және басқалар талқыланады. Биыл біз ҮМЗ-ын қайта сертификаттаудан өтуіне байланысты жиналдық.

Айтпақшы, қайта сертификаттау туралы. Біз бұл форматтағы жұмыстар әлемде алғаш рет жүргізілгенін білеміз, олардың бірегейлігі неде? Процесс қанша уақытты алды, қанша маман қатысты? Сертификаттауға дайындық қалай жүргізілді?

УГФ-ін сақтау стандарттарына сәйкес қайта сертификаттау әр 5 жыл сайын жүргізілуі тиіс. Бұл жолы

ЧУДАКОВ
Михаил Валентинович

2015 жылдың ақпан айынан бастап АЭХА ядролық энергетика департаменті бас директорының орынбасары және басшысы қызметін атқарады. 2007 жылдың ақпанынан бастап агенттікте жұмыс істей бастағанға дейін Михаил Чудаков атом электр станциясын басқаратын Дүниежүзілік ұйымдар қауымдастығының Мәскеу орталығының директоры болды.

Бұған дейін 1995 жылдан бастап Михаил Валентинович ресейлік «Росэнергоатом» концернінде бірқатар басшылық қызметтер атқарды, соның ішінде 1999 жылдың сәуірінде «Росэнерноатом» бас директорының орынбасары және Билибин АЭС директоры лауазымына тағайындалды. 1993 жылдан 1995 жылға дейін Михаил Чудаков Мәскеу мен Лондондағы АЭС ВАО кеңесшісі болып жұмыс істеді. 1983 жылдан 1993 жылға дейін Калинин атом электр станциясында әртүрлі лауазымдарда жұмыс істеді. Ядролық техника ғылымдарының докторы дәрежесіне ие.

ILRQA Austria GmbH бас мердігерлік ұйым ретінде әрекет етті, ол басқа жоғары мамандандырылған қосалқы мердігерлік компанияларды жұмысқа тартты. Бір апта ішінде 6 маман жұмыс істеді. Барлық қажетті іс-шаралар сапалы орындалды. Алғаш рет қайта сертификаттау толтырылған цилиндрлерде жүргізілді. Алдыңғы стандарттар бойынша цилиндрлерді алып тастау, босату, гидробайланыс жүргізу, содан кейін толтыру және ТБУБ-не қайтару қажет болды. Бұл күрделі, ұзақ және қымбат процедура.

LRQA (Lloyd's Register Quality Assurance) – оқыту және сертификаттау қызметтерін ұсынатын сақтандыру компаниясы.

2020 жылы жабдықтар мен сынақ әдістемесінің жетілдірілуіне байланысты ультрадыбыстық дефектоскопияны орнында жүргізуге мүмкіндік беретін нақтыланған стандарттар енгізілді. Әлемде алғаш рет ТБУБ аумағында цилиндрлерді бұрап дәнекерлеудің сапасы тексерілді. Ол үшін «МАШЗАВОД» ЖШС (ҮМЗ еншілес кәсіпорны) арнайы жабдық дайындап, клапандарды тексеру бойынша жеке әдістеме жасады. Мұның бәрі 24 цилиндрде орындалды. Қорытынды құжаттар қазір дайындық процесінде. 23 цилиндр сертификат алды. Бір цилиндрде сақтау қауіпсіздігіне әсер етпейтін шағын сұрақтар бар. Ол бойынша жеке шешім қабылданады.

ҮМЗ-да, басқа кәсіпорындарда алынған толтырылған цилиндрлерді сертификаттау тәжірибесін пайдалану жоспарлануда ма?

Әрине, бұл бірегей тәжірибе! Алдымен ол келесі жылы ТБУБ-ның қалған 36 цилиндрін сертификаттау үшін қолданылады. Кейіннен біз осындай әдісті атом өнеркәсібінің басқа кәсіпорындары қалауы бойынша қолдана алатындай етіп ғылыми журналға мақала дайындауды жоспарлап отырмыз.

Жалпы біздің кәсіпорын туралы сіздің әсеріңіз қандай?

АЭХА ТБУ орналастыру үшін ҮМЗ дұрыс таңдалғанына тағы да көз жеткізді. Сіздің зауытыңыз сенімді серіктес және біз онымен жұмыс істеуді жалғастырамыз. Біз ҮМЗ қызметкерлеріне тұрақты қолдау мен ынтымақтастық үшін алғыс айтамыз. Барлық туындаған міндеттер бірлескен күш-жігермен шешіледі. Тиімді өзара іс – әрекет жасағаны үшін-өткізу жөніндегі директор Александр Ходановқа және БҮК бойынша тең төрағасы, ҚР атом энергетикасы және өнеркәсібі департаментінің директоры Ғұмар Серғазинге ерекше алғыс айтамыз.

Юлия Антонова,
«ҮМЗ» АҚ баспасөз қызметі

МИХАИЛ ЧУДАКОВ:
«МЫ БЛАГОДАРНЫ УМЗ ЗА ПОДДЕРЖКУ И СОТРУДНИЧЕСТВО»

С 19 по 26 июня в Банке НОУ (БНОУ) МАГАТЭ, расположенном на территории Ульбинского металлургического завода (УМЗ), дочернем предприятии АО «НАК «Казатомпром», проведен первый этап повторной сертификации 24 цилиндров с гексафторидом урана (ГФУ). В мировой практике эта процедура впервые проводилась на заполненных цилиндрах.

Организатором сертификации выступило МАГАТЭ, а сами работы выполнялись австрийской компанией LRQA и болгарской Bultest. При этом оборудование для вращения и поддержания цилиндров, что необходимо в рамках процедур ресертификации, было изготовлено ТОО «МАШЗАВОД».

По итогам сертификации состоялось XIII заседание объединенного координационного комитета (ООК) и IV рабочее совещание по эксплуатации БНОУ МАГАТЭ.

Журналисты «УМЗ-информ» встретились с Михаилом Валентиновичем, чтобы узнать самые интересные моменты ресертификации и функционирования Банка НОУ МАГАТЭ.

Михаил Валентинович, Вы руководите проектом БНОУ, пожалуйста, расскажите, какое значение для МАГАТЭ он имеет.

Банк НОУ МАГАТЭ создан решением конференции МАГАТЭ в связи с запросом стран-членов МАГАТЭ. 31 государство уже эксплуатирует атомную энергетику и порядка 30 хотят построить атомные станции. Это и африканские, и азиатские страны. Банк НОУ необходим странам, которые хотят генерировать у себя атомную энергию, но сомневаются в регулярности поставок топлива для АЭС. Вот для этих целей и создан запас гексафторида урана, достаточный для производства одной загрузки или трех перезагрузок водо-водяного энергетического реактора (ВВЭР-1000). Кроме того, создание БНОУ избавляет «страны-новички» от необходимости создавать собственное производство по обогащению урана, так как в таком случае есть риск создания атомного оружия. МАГАТЭ является гарантом поставок сырья для создания топлива, и при необходимости неприкосновенный запас ГФУ может быть увеличен.

Как вы оцениваете работу УМЗ по обеспечению функционирования Банка?

МАГАТЭ сотрудничает с Ульбинским металлургическим заводом с момента подписания соглашения о создании на территории Казахстана первого в мире Банка низкообогащенного урана в 2015 году. В 2019 году БНОУ был сдан в эксплуатацию. Сейчас в нем находится 90 тонн сырья в 60 цилиндрах для изготовления атомного топлива. Мы благодарны высококвалифицированному персоналу завода за то, что были оперативно созданы все условия для хранения ГФУ, и сегодня обеспечивается надежная эксплуатация БНОУ в соответствии с договором с МАГАТЭ.

MIKHAIL CHUDAKOV:
«WE ARE GRATEFUL TO UMP FOR SUPPORT AND COLLABORATION»

From June 19 to 26, the first stage of re-certification of 24 uranium hexafluoride cylinders was conducted at the IAEA's LEU Bank (LEU Bank), located at the Ulba Metallurgical Plant (UMP), a NAC Kazatomprom JSC subsidiary. In the world practice, this procedure was conducted on filled cylinders for the first time.

The certification was organized by the IAEA, and the work itself was performed by the Austrian company LRQA and the Bulgarian company Bultest. The equipment for cylinder rotation and support, which is required as part of the recertification procedures, was manufactured by MASHZAVOD LLP.

Following the results of certification, the XIII Joint Coordination Committee (JCC) meeting and the IV IAEA BLEU operation workshop were held.

UMP-Inform journalists met with Mikhail Valentinovich to find out the most interesting moments of recertification and functioning of the IAEA LEU Bank.

Mikhail Valentinovich, you are in charge of the BLEU project, please tell us what significance it has for the IAEA.

The IAEA LEU Bank was established by a decision of the IAEA Conference following a request from IAEA member countries. 31 countries already operate nuclear power and about 30 want to build nuclear power plants. These are both African and Asian countries. The LEU Bank is necessary for countries that want to generate nuclear energy but have doubts about the regularity of fuel supplies for nuclear power plants. For these purposes, a stockpile of uranium hexafluoride sufficient to produce one load or three reloads of a water-cooled power reactor (VVER-1000) has been created. In addition, the establishment of the LEU eliminates the need for «newcomer countries» to set up their own uranium enrichment facilities, since in such a case there is a risk of making nuclear weapons. The IAEA is a guarantor of raw material supplies for fuel creation, and the uranium hexafluoride reserve can be increased if necessary.

How do you evaluate the UMP's performance in ensuring the functioning of the Bank?

The IAEA has been cooperating with Ulba Metallurgical Plant since signing an agreement to establish the world's first Low Enriched Uranium Bank in Kazakhstan in 2015. The LEUB was commissioned in 2019. It now holds 90 tons of raw material in 60 cylinders for nuclear fuel fabrication. We are grateful to the highly qualified personnel of the plant for promptly creating all conditions for uranium hexafluoride storage, and today reliable operation of the LEUB is ensured in accordance with the agreement with the IAEA.

There was also a regular meeting of the Joint Coordination Committee, which you co-chair from the IAEA. Please tell us about the work of this committee.

The JCC is a joint working committee of all participants in the Low Enriched Uranium Project. The JCC meets on an annual basis. Besides me, it has one more co-chairman – Gumar Sergazin, Director of the Department of Atomic Energy and Industry of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan. The committee meetings discuss topical issues on the operation of LEU for the year, as well as issues of legislation, customs and financial support, and others. This year we gathered at UMP due to the fact that recertification is underway.

ЧУДАКОВ Михаил Валентинович

Занимает пост заместителя Генерального директора и руководителя Департамента ядерной энергии МАГАТЭ с февраля 2015 года. До начала работы в Агентстве с февраля 2007 года Михаил Чудаков был директором Московского центра Всемирной ассоциации организаций, эксплуатирующих АЭС (ВАО АЭС).

Перед этим с 1995 года Михаил Валентинович занимал ряд руководящих постов в российском концерне «Росэнергоатом», в том числе в апреле 1999 года был назначен на пост заместителя генерального директора «Росэнерноатома» и директора Билибинской АЭС. С 1993 по 1995 год Михаил Чудаков работал советником ВАО АЭС в Москве и Лондоне. С 1983 по 1993 год работал на различных должностях на Калининской АЭС. Имеет степень доктора наук по ядерной технике.

CHUDAKOV Mikhail Valentinovich

Mr. Chudakov has been Deputy Director General and Head of the IAEA's Department of Nuclear Energy since February 2015. Prior to joining the Agency, Mikhail Chudakov was Director of the Moscow Centre of the World Association of Nuclear Operators (WANO) since February 2007.

Before that, since 1995, Mikhail Valentinovich held several senior positions in the Russian concern Rosenergoatom, including in April 1999 he was appointed Deputy Director General of Rosenergoatom and Director of the Bilibino NPP. From 1993 to 1995, Mikhail Chudakov worked as an advisor to WANO of NPPs in Moscow and London. From 1983 to 1993 he worked in various positions at Kalinin NPP. Mr. Chudakov has a Doctor of Science degree in nuclear engineering.

Также прошло очередное заседание объединенного координационного комитета, в котором Вы являетесь сопредседателем от МАГАТЭ. Пожалуйста, расскажите о работе этого комитета.

ОКК – это комитет совместной работы всех участников проекта по низкообогащенному урану. Он собирается ежегодно. В нем, кроме меня, есть еще один сопредседатель – директор департамента атомной энергетики и промышленности МЭ РК Гумар Сергазин. На заседаниях комитета обсуждаются актуальные вопросы по эксплуатации БНОУ за год, а также вопросы законодательства, таможенного и финансового обеспечения и другие. В этом году мы собрались на УМЗ в связи с тем, что проходит пересертификация.

Кстати, о ресертификации. Нам известно, что работы в таком формате проводились впервые в мире, в чем была их уникальность? Сколько занял процесс, сколько специалистов было задействовано? Как проводилась подготовка к сертификации?

Пересертификация, в соответствии со стандартами хранения ГФУ, должна происходить каждые 5 лет. На этот раз в качестве генеральной подрядной организации выступила компания LRQA Austria GmbH, которая привлекала к работам другие узкоспециализированные субподрядные компании. В течение недели работали 6 специалистов. Были качественно выполнены все необходимые мероприятия. Впервые повторная сертификация проводилась на заполненных цилиндрах. По предыдущим стандартам цилиндры нужно было вывозить, опустошать, проводить гидроиспытания, затем заполнять и возвращать в БНОУ. Это сложная, длительная и дорогостоящая процедура.

Speaking of recertification. We know that it was the first time in the world that work in this format was conducted, what was unique about it? How were the preparations for certification carried out?

Recertification, in accordance with HFC storage standards, should take place every 5 years. This time LRQA Austria GmbH acted as the general contractor and involved other highly specialized subcontractors. 6 specialists worked during the week. For the first time, the re-certification was carried out on filled cylinders. According to previous standards, cylinders had to be removed, emptied, hydrotested, then filled and returned to the BLEU. This is a complex, time-consuming and costly procedure.

LRQA (Lloyd's Register Quality Assurance) – страховая компания, поставляющая услуги по обучению и сертификации / an insurance company supplying training and certification services.

In 2020, due to the equipment and test methodology improvements, refined standards were introduced to enable on-site ultrasonic defectoscopy. For the first time in the world, the quality of welded seams with cylinder turning was checked at the BLEU site. For this purpose MASHZAVOD LLP (a UMP subsidiary) manufactured special equipment and created a separate methodology for checking valves. All this was performed on 24 cylinders.The final documents are now in the process of preparation. 23 cylinders have already received certification. One cylinder has minor issues that do not affect the safety of storage. A separate decision will be made on it.

В 2020 году, в связи с совершенствованием оборудования и методики испытаний, были введены уточненные стандарты, которые позволяют выполнить ультразвуковую дефектоскопию на месте. Впервые в мире на территории БНОУ было проверено качество сварных швов с проворачиванием цилиндров. Для этого ТОО «МАШЗАВОД» (дочернее предприятие УМЗ) изготовлено специальное оборудование и создана отдельная методика по проверке клапанов. Все это и было выполнено на 24 цилиндрах. Заключительные документы сейчас в процессе подготовки. 23 цилиндра уже получили сертификацию. По одному цилиндру есть небольшие вопросы, которые не влияют на безопасность хранения. По нему будет принято отдельное решение.

Планируется ли использовать опыт сертификации заполненных цилиндров, полученный на УМЗ, на других предприятиях?

Конечно, это уникальный опыт! Сначала он будет применен для сертификации в следующем году оставшихся 36 цилиндров БНОУ. Впоследствии мы планируем подготовить статью в научный журнал для того, чтобы такую методику могли использовать при желании и другие предприятия атомной промышленности.

Каково Ваше впечатление о нашем предприятии в целом?

МАГАТЭ еще раз убедилось, что УМЗ для размещения НОУ был выбран правильно. Ваш завод – надежный партнер, и мы будем продолжать с ним работать. Мы благодарны персоналу УМЗ за постоянную поддержку и сотрудничество. Все возникающие задачи решаются совместными усилиями. Особая благодарность за эффективное взаимодействие – директору по сбыту Александру Ходанову и сопредседателю по ОКК, директору департамента атомной энергетики и промышленности РК Гумару Сергазину.

Юлия Антонова,
пресс-служба АО «УМЗ»

Are there any plans to use the experience of certification of filled cylinders gained at UMP at other enterprises?

Certainly, this is a unique experience! First of all, it will be applied for certification next year of the remaining 36 cylinders of BLEU. Subsequently, we plan to write an article for a scientific journal so that this methodology can be used by other nuclear industry enterprises as well, if they wish.

What is your overall impression of our company?

The IAEA has once again made sure that UMP was chosen correctly to host the LEU. Your plant is a reliable partner and we will continue to cooperate closely. We are grateful to the UMP staff for their constant support and cooperation. All arising tasks are solved by joint efforts. Special thanks for effective interaction are due to Alexander Khodanov, Sales Director, and Gumar Sergazin, JCC Co-Chairman, Director of the Department of Atomic Energy and Industry of the Republic of Kazakhstan.

Yulia Antonova,
press service of UMP JSC

ҰҢҒЫМАЛАРДЫ ХИМИЯЛЫҚ ӨҢДЕУДІҢ ЖЫЛЖЫМАЛЫ ҚОНДЫРҒЫСЫ

Табиғи өткізгіштігі бар кендердегі уранды жерасты ұңғымалық шаймалау (ЖҰШ) кеуекті сұйықтықты тау жыныстарының қатты және сұйық фазаларымен өзара әрекеттесетін еріткішке ауыстыруды көздейді. Нәтижесінде жер қойнауында әртүрлі физика-химиялық процестер жүреді. Уранның ЖҰШ кезіндегі геотехнологиялық ұңғымалардың жұмыс тәжірибесі уақыт өте келе сүзгі мен ұңғымалардың сүзгі аймақтарының колматациясына байланысты олардың өнімділігі төмендейтінін көрсетеді. Колматация процестері ұсақ және жұқа қоспалардың тау жыныстарының тесіктері мен жарықтарына табиғи немесе жасанды механикалық қозғалысымен, сондай-ақ оларда еріген химиялық заттардың тұнбасымен бірге жүреді, бұл өнімді горизонттың өткізгіштігінің төмендеуіне ықпал етеді.

«Жоғары технологиялар институты» ЖШС мамандары «РУ-6» ЖШС мамандарымен бірлесіп жөндеу-қалпына келтіру жұмыстарын (ЖҚКЖ) жүргізу кезінде геотехнологиялық ұңғымаларды химиялық өңдеуге арналған арнайы жылжымалы қондырғыны (ЖҚ) әзірлеп, енгізді. Авторлары Косунов А.О., Шаванда В.В., Копбаева М.П., Мырзабек К.А., Матаев М.М., Кенжетаев Ж.С., Бишимов К.Е., Липинский В.К., Третьяков С.Ю. өтінім беріп, «Технологиялық ұңғымаларды химиялық өңдеуге арналған жылжымалы қондырғы» тақырыбы бойынша 28.04.2017. бюл. №8 KZ № 2153 патентін алды.

ЖҚ технологиялық жабдықтары сертификатталған, қауіпсіз және экологиялық таза, ұңғымаларда ЖҚКЖ жүргізу үшін арнайы жасалған, ашық контейнерлер мен резервуарларды пайдалануды болдырмауға мүмкіндік береді. Процестерді басқару жүйелерін автоматтандыру еңбек өнімділігін арттыруға, химиялық реагенттердің шығындарын азайтуға және ұңғымаларда ЖҚКЖ жүргізудің тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді (1-сурет).

1-кесте - Декольматирлеуші ерітінділердің құрамы

Декольматизация ерітіндісінің құрамы	Көлемі, $м^3$	H_2SO_4, кг	HF, кг	Өңделген айдау ұңғымаларының саны	ЖАЦ тәулікке дейін, NH_4HF_2	ЖАЦ тәуліктен кейін, HF
$HF + H_2SO_4$	3.0	120	150 (2,0%)	5	26	55
$HF + H_2SO_4$	3.0	120	200 (2,5%)	19	30	48
$HF + H_2SO_4$	3.0	120	250 (3,2%)	4	25	30
$HF + H_2SO_4$	3.0	120	300 (4,0%)	38	32	50

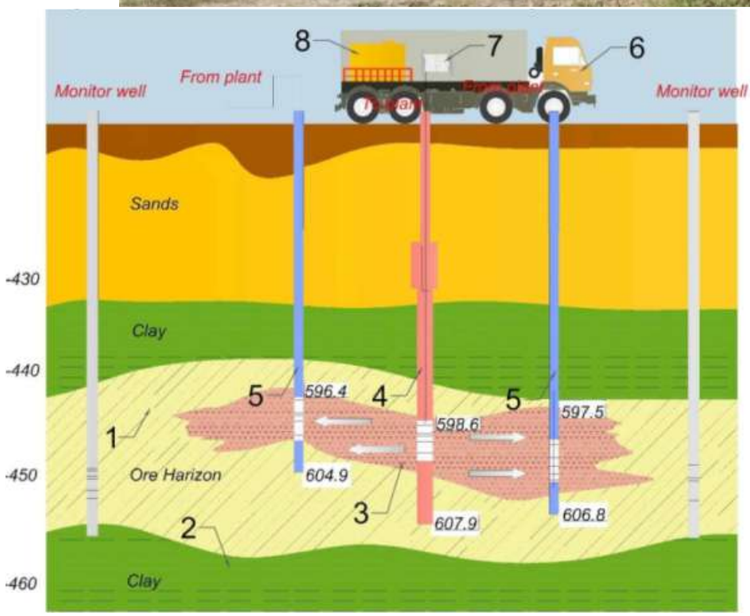
ЖҚКЖ химиялық әдістері технологиялық ерітінділердің өнімді горизонттың негізгі жыныстарымен өзара әрекеттесуі нәтижесінде пайда болған жауын-шашынды ерітуге және жоюға бағытталған. Ұңғымалардың ЖҚКЖ кезінде фторсутек қышқылының ерітінділерін қолдану еңбек қауіпсіздігі талаптарын сақтай отырып, арнайы технологиялық жабдықта арнайы әзірленген әдістеме бойынша жүргізіледі. Әдістің мәні сутегі фтор қышқылының ерітінділерін ұңғыманың шөгінділермен әрекеттесуі үшін оның сүзгі бөлігіне тікелей беру, эрлифт айдау арқылы ұңғымадан тыс реакция өнімдерін еріту және жою болып табылады. Фторсутек қышқылының концентрациясы мен көлемі ұңғыманың өнімділігіне, алдыңғы химиялық өңдеу тәжірибесіне және геологиялық жағдайларға байланысты таңдалады. Күкірт қышқылын қосу ерітіндіні нығайту, pH-ты төмендету және өнімді горизонттағы негізгі еріткіштің бейтараптануына жол бермеу үшін қарастырылған.

1-кестеде ұңғымаларда әзірленген және сыналған декольматизациялық ерітінділердің рецептуралары келтірілген.

2023 жылдың шілде-желтоқсан айларында дайын фторсутек қышқылымен декольматизациялық ерітінді ретінде жұмыс істеу үшін ЖҚ-ны бейімдеу бойынша жұмыстар жүргізілді.

Ұңғымаларды өңдеуге дейін және одан кейін пайдалану ұңғымала-рының өнімділігі мен жұмыс ұзақтығын талдау фторсутек қышқылын қолдана отырып, ЖҚКЖ химиялық әдісінің тиімділігін анықтауға мүмкіндік берді.

Химиялық өңдеу жүргізілгенге дейін және одан кейін геотехнологиялық ұңғымалардың жұмысын салыстырмалы талдау ұңғымалардың алдыңғы жөндеу аралық циклі (ЖАЦ) 25-50 кг мөлшерінде аммоний бифторидінің (NH_4HF_2) ерітінділерін қолдану және 150 кг күкірт қышқылын қосу кезінде орта



1-сурет – Технологиялық ұңғымаларды химиялық өңдеуге арналған жылжымалы қондырғы

1 – өнімді көкжиек;
2 – өтпейтін көкжиек;
3 – сүзгіге жақын аймақта шөгу;
4 – айдау ұңғымаларының колонналары;
5 – айдау ұңғымаларының колонналары;
6 – химиялық өңдеуге арналған жабдықтар;
7 – қысымды шланг;
8 – резервуардың сыйымдылығы.

2 – суретте ұңғымаларды химиялық өңдеуді жүргізу сызбасы көрсетілген.

есеппен 30 тәулікті құрағанын көрсетті. Ұңғымаларды фторсутек қышқылының ерітінділерімен өңдеу нәтижелері ЖАЦ 2,0 %-дан 55 тәулікке дейін, 2,5 %-дан 48 тәулікке дейін, 3,2 %-дан 30 тәулікке дейін, 4,0 %-дан 50 тәулікке дейін ұлғаюын көрсетті. Ұңғымалардың ЖАЦ жоғарылауы берілген фторсутек қышқылының үлкен көлеміне және дайын қышқылдың декольматизациялық ерітіндіде тиімді еруіне байланысты.

Кенжетаев Ж. С.,
Каратаев Е.М.,
«Жоғары технологиялар институты» ЖШС

ПЕРЕДВИЖНАЯ УСТАНОВКА ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СКВАЖИН

Подземное скважинное выщелачивания (ПСВ) ура-на в рудах с естественной проницаемостью, предусматривает замену поровой жидкости на растворитель, который взаимодействует с твердой и жидкими фазами горных пород. В результате в недрах протекают различные физико-химические процессы. Практика работы геотехнологических скважин при ПСВ урана, показывает что со временем вследствии кольматации фильтра и прифильтровой зон скважин происходит снижение их производительности. Кольматационные процессы сопровождаются естественным или искуственным механическим перемещением мелких и тонких примесей в поры и трещины горных пород, а также осаждением в них растворенных химических веществ, способствующие снижениею проницаемости продуктивного горизонта.

Специалистами ТОО «Институт высоких технологий» совместно со специалистами ТОО «РУ-6» была разработана и внедрена специальная установка передвижная (УП) для химической обработки геотехнологических скважин при проведении ремонтно-восстановительных работ (РВР). Авторами Косунов А.О., Шаванда В.В., Копбаева М.П., Мырзабек К.А., Матаев М.М., Кенжетаев Ж.С., Бишимов К.Е., Липинский В.К., Третьяков С.Ю. была подана заявка и получен патент KZ № 2153, публ. 28.04.2017. бюл. № 8. по теме: «Передвижная установка для химической обработки технологических скважин».

Технологическое оборудование УП сертифицировано, безопасно и экологично, разработано специально для проведения РВР на скважинах, позволяет исключить применение открытых емкостей и резервуаров. Автоматизация систем управления процессов позволяет повысить производительность труда, сократить расходы химических реагентов и повысить эффективность проведения РВР на скважинах.

Химические методы РВР направлены на растворение и устранения осадков, образовавшиеся в результате взаимодействия технологических растворов с вмещающими породами продуктивного горизонта. Применение растворов фтористоводородной кислоты при РВР скважин производится по специально разработанной методике на специальном технологическом оборудовании, при соблюдении требований безопасности труда. Суть метода заключается в подаче растворов фтористоводородной кислоты непосредственно в фильтровую часть скважины для

A MOBILE INSTALLATION FOR CHEMICAL TREATMENT OF WELLS

Underground in-situ leaching (ISL) of uranium in naturally porous ores involves replacing pore fluid with a solvent that interacts with the solid and liquid phases of rocks. As a result, various physical and chemical processes take place in the subsurface. The practice of geotechnological wells operation at uranium ISL shows that with time due to the filter and near-filter zone colmatisation of wells there is a decrease in their productivity. Colmatation processes are accompanied by natural or artificial mechanical movement of small and fine impurities into the pores and cracks of rocks, as well as by the precipitation of dissolved chemicals in them, which contribute to a decrease in the permeability of the productive horizon.

Special mobile installation (MI) for chemical treatment of geotechnological wells during repair and restoration works (RRW) was developed and implemented by specialists of Institute of High Technologies LLP jointly with specialists of RU-6 LLP. The authors Kosunov A.O., Shavanda V.V., Kopbaeva M.P., Myrzabek K.A., Mataev M.M., Kenzhetaev J.S., Bishimov K.E., Lipinsky V.K., Tretyakov S.Y. have applied for and received the KZ patent No. 2153, publ. 28.04.2017. bulletin No. 8. on the subject: «Mobile installation for chemical treatment of technological wells».

The technological equipment of the MI is certified, safe and eco-friendly, designed specifically for well servicing, eliminating the use of open tanks and reservoirs. Automation of process control systems allows to increase labour productivity, reduce chemical reagent costs and increase efficiency of well servicing.

Chemical methods of RRW are aimed at dissolving and removing sediments formed as a result of interaction of process solutions with the host rocks of the productive horizon. Application of hydrofluoric acid solutions during RRW of wells is carried out according to a specially developed methodology on special technological equipment, in compliance with labor safety requirements. The essence of the method consists in supplying solutions of hydrofluoric acid directly into the filter part of the well for its reaction with sediments, dissolution, and removal

ее реакции с осадкообразованиями, растворение и удаление продуктов реакции за пределы скважины путём эрлифтной откачки. Концентрация и объем фтористоводородной кислоты подбирается в зависимости от производительности скважины, опыта предшествующих химических обработок и геологических условий. Добавление серной кислоты предусматривается для укрепления раствора, снижение pH и предотвращение нейтрализации основного растворителя в продуктивном горизонте.

В Таблице 1 приведены разработанные и опробованные на скважинах рецептуры декольматирующих растворов.

На Рисунке 2 приведена схема проведения химической обработки скважин с примененем УП.

В период июль-декабрь 2023 года были произведены работы по адаптации УП для работы с готовой фтористоводородной кислотой в качестве декольматирующего раствора.

of reaction products outside the well by ehrlift pumping. The concentration and volume of hydrofluoric acid is selected based on well performance, previous chemical treatment experience and geological conditions. Sulfuric acid is added to strengthen the solution, reduce pH and prevent neutralization of the main solvent in the productive horizon.

Table 1 shows formulations of decolmatising solutions that were developed and tested at the wells.

Figure 2 shows the scheme of chemical treatment of wells with the use of the MI.

During the period July-December 2023, work was carried out to customise the MI to work with ready hydrofluoric acid as a decolmatising solution.

Таблица 1 – Составы декольматирующих растворов / Table 1 - Compositions of decolmatising solutions

Состав декольматирующего раствора / Compositions of decolmatising solutions	Объём / Volume, м³	H_2SO_4, кг / kg	HF, кг / kg	Количество обработанных откачных скважин / Number of treated pumping wells	МРЦ до, суток / IRC up to, days NH_4HF_2	МРЦ после, суток / IRC after, days HF
HF + H_2SO_4	3.0	120	150 (2,0%)	5	26	55
HF + H_2SO_4	3.0	120	200 (2,5%)	19	30	48
HF + H_2SO_4	3.0	120	250 (3,2%)	4	25	30
HF + H_2SO_4	3.0	120	300 (4,0%)	38	32	50

Анализ производительности и продолжительности работы эксплуатационных скважин до и после обработки скважин позволил определить эффективность химического метода РВР с применением фтористоводородной кислоты.

Сравнительный анализ работы геотехнологических скважин до и после проведения хим.обработки показал, что предшествующий межремонтный цикл (МРЦ) скважин составлял в среднем 30 суток при применении растворов бифторида аммония (NH_4HF_2) в количестве 25-50 кг и добавлении серной кислоты 150 кг. Результаты обработки скважин растворами фтористоводородной кислоты показали увеличение МРЦ при 2,0% до 55 суток, при 2,5% до 48 суток, при 3,2% до 30 суток, при 4,0% до 50 суток. Повышение МРЦ скважин обусловлено большим объемом подаваемой фтористоводородной кислоты и эффективным растворением готовой кислоты в декольматирующем растворе.

Кенжетаев Ж.С.,
Каратаев Е.М.,
ТОО «Институт высоких технологий»

made it possible to determine the effectiveness of the chemical method of RRW using hydrofluoric acid.

The comparative analysis of geotechnological wells operation before and after chemical treatment showed that the previous inter-repair cycle (IRC) of wells averaged 30 days when applying ammonium bifluoride (NH_4HF_2) solutions in the amount of 25-50 kg and adding sulphuric acid 150 kg. The results of wells treatment with hydrofluoric acid solutions showed the increase of MRC at 2.0 % up to 55 days, at 2.5 % up to 48 days, at 3.2 % up to 30 days, at 4.0 % up to 50 days. Increase of wells IRC is caused by a large volume of supplied hydrofluoric acid and effective dissolution of prepared acid in decolmatising solution.

Kenzhetayev Zh.S.,
Karataev E.M.,
Institute of High Technologies LLP

СЯСП, ЦЕЗИЙ ЖӘНЕ ӘЖЕМНІҢ КӨМІРІН ЖАБУ ТУРАЛЫ

Пікірталас форматындағы кездесу А.С. Пушкин ат. кітапхананың американдық бұрышында өтті. Өскемендегі Қазақстан Республикасы, әлемдік қоғамдастық және жаһандық антиядролық қозғалыс үшін маңызды оқиға – 29 тамыз Семей ядролық сынақ полигоны (СЯСП) жабылған күні. Шақырылған спикерлер Үлбі металлургия зауытының (ҮМЗ) қызметкерлері болды.

ӘЛЕМНІҢ ЭПИЦЕНТРІ

«ҮМЗ» АҚ ғылыми орталығының жетекшісі, ф.м.ғ. д., профессор **Манарбек Қылышқанов** СЯСП-ның өмір сүру тарихы және одан кейінгі жабылуы туралы ғылыми-көпшілік дәріс оқыды.

Жүргізілген жарылыстар, алаңдар, радионуклидтердің таралу аумағы, сынақтардың салдары туралы ақпараты бар слайдтар бір-бірін алмастырды.

1989 жылы полигонда соңғы жарылыс болды, 1991 жылы ҚР Президентінің Жарлығымен СЯСП жабылды. Қазақстан басынан бастап ядролық қарусыз ел болуға және әлемнің барлық мемлекеттерімен бейбіт қарым-қатынасты сақтауға шешім қабылдады. Ал екі жылдан кейін полигонның инфрақұрылымын жою бойынша қазақ-американдық жоба іске қосылды. 1994 жылы ядролық қарудың барлық арсеналы Қазақстан аумағынан шығарылды. 1995 жылы химиялық жарылыс әдісімен соңғы ядролық зарядты жойылды, ал 2000 жылы соңғы штольня жойылды. Қазақстан Үкіметі ядролық сынақтар аймағындағы экологиялық жағдайды жеңілдету бойынша бірқатар шұғыл шаралар қабылдады. АҚШ пен Жапония үкіметтері экологиялық зерттеулер жүргізуде айтарлықтай қаржылық көмек көрсетеді. АҚШ пен Жапония гранттары бойынша ғылыми жұмыстар бүгінгі күнге дейін жалғасуда.

БІЛУ ЖӘНЕ ҚОРЫҚПАУ

Полигонның жабылу тақырыбы радиофобия мәселелерін талқылауға бірқалыпты түсті. ҮМЗ инженер-физигі **Анатолий Степанов** табиғи радиациялық фон туралы айтты, рентген мен КТ-дан қорықпау керек, ал бір уран таблеткасын қолыңызда қауіпсіз ұстауға болады, бірақ терінің тікелей ластануын болдырмау үшін мұны қолғаппен жасаған жөн.

– *КТ-дан сыртқы сәулеленудің бір реттік дозасын алуға болады, бірақ адам одан сәулелену көзіне айналмайды*, – деп түсіндірді Анатолий Анатольевич. – *Тіпті КТ және флюорография сияқты жиі медициналық зерттеулер денсаулыққа айтарлықтай зиян келтірмейді. Процедурадан бірнеше күн өткен соң, дене толығымен қалпына келеді және теріс әсер болмайды.*

– *Егер адам оған радиоактивті изотоптар енсе, сәулелену көзіне айналатынын атап өткім келеді*, - деді тыңдаушылардың бірі әңгімеге қосылып.

– *Ол үшін адам, мысалы, цезийді жұтуы керек, бірақ мұндай жағдайлар тіркелген жоқ. Байыпты түрде, адам радиоактивті фармацевтикалық препараттарды емдік мақсатта қолданған кезде иондаушы сәулеленудің көзі бола алады*, - деп түсіндірді Анатолий Степанов.

АЛ СІЗДЕРДЕ ҮМЗ-ДА ҚАЛАЙ?

Пікірсайыс ҮМЗ-на да қатысты, тыңдаушыларға «Үлба – ЖБЖ» жаңа өндірісі туралы АЭХА ТБУ банкі - бұл қалдықтар емес, отын өндіруге арналған шикізаттың стратегиялық қоры екендігі айтылды. Үлбі металлургия зауытының уранмен жұмыс істеген барлық уақытында қызметкерлердің заңмен белгіленген сәулелену дозасынан асқан бірде-бір жағдай немесе авариялық жағдай болған жоқ.

ӨЗЕКТІ ТУРАЛЫ

Әрине, кездесуде бүгінгі таңда ең өзекті тақырып – атом электр станциясының құрылысы көтерілді. Бұл электр қуатының жетіспеушілігінен басқа көптеген экологиялық мәселелерді шешетіні сөзсіз. Себебі ЖЭО-да көмірді жағудың зияны қоршаған ортаға орны толмас зиян келтіреді. Бірақ Қазақстанның атом энергиясын қолдану бағытында үлкен жұмыс күтіп тұр.

Қатысушылардың сұрақтарының бірі: «*Сонымен, әжемнің көмірінен қорқу керек пе, көмірді радиацияға тексереді ме?*».

– *Барлық көмір міндетті түрде тексеріледі, ал көмірдің аз мөлшерінде радиация-өте аз, әже тыныш ұйықтай алады*, - деп күлімсіреп жауап берді Манарбек Қалымұлы.

ҚОРЫТЫНДЫСЫНДА

Зал сұрақтары көп болды, біздің жастарымыз зиверттер мен беккерельдерді түсінетінін, твэл мен ТВС деген не екенін білетінін, Қазақстанда атом электр станциясын салу тақырыбында сөйлесе алатынын және ол қашан ақталатынын білу қуантады.

– *Бүгінгі отырыста көтерілген тақырыптар жаһандық сипатқа ие, оның ішінде ядролық қаруды қолдану қаупі, атом электр станцияларының құрылысы, радиофобия, атомды бейбіт мақсатта пайдалану, сондықтан халқымыз, әсіресе жастар білімді болу керек. Білім – күш пен нұр, ал біздің заманда білімді болу пайдалы*», – деп атап өтті сөзін қорытындылай келе Анатолий Степанов. – *Ал біз Қазақстанның атом өнеркәсібінің өкілі ретінде осыған үлес қосуымыз керек.*

Анна Чумина,
«ҮМЗ» АҚ баспасөз қызметі

ПРО ЗАКРЫТИЕ СИЯП, ЦЕЗИЙ И БАБУШКИНУ УГЛЯРКУ

Встреча в формате дискуссии прошла в американском уголке библиотеки им. А.С. Пушкина в Усть-Каменогорске. Повод более чем весомый – историческая дата для Республики Казахстан, мирового сообщества и глобального антиядерного движения – 29 августа, когда был закрыт Семипалатинский испытательный ядерный полигон (СИЯП). Приглашенными спикерами выступили сотрудники Ульбинского металлургического завода (УМЗ).

ЭПИЦЕНТР МИРА

С научно-популярной лекцией об истории существования и последующем закрытии СИЯП выступил руководитель научного центра АО «УМЗ», доктор ф.м.н., профессор **Манарбек Кылышканов**.

Слайды с информацией о проведённых взрывах, площадях, территории распространения радионуклидов, последствиях испытаний сменяли друг друга.

В 1989 году на полигоне был произведён последний взрыв, в 1991 году Указом Президента РК СИЯП был закрыт. Казахстан с самого начала решил стать безъядерной страной и поддерживать мирные отношения со всеми государствами мира. А уже по прошествии двух лет вовсю заработал казахско-американский проект по уничтожению инфраструктуры полигона. В 1994 году весь арсенал ядерного оружия был вывезен с территории Казахстана. В 1995 году методом химического подрыва был уничтожен последний ядерный заряд, а в 2000 – уничтожили последнюю штольню. Правительством Казахстана был принят ряд неотложных мер по смягчению экологической обстановки в зоне ядерных испытаний. Существенную финансовую помощь в проведении экологических исследований оказывают правительства США и Японии. Научные работы по грантам Штатов и Японии идут по сей день.

ABOUT SHUTTING DOWN OF SNTS, CESIUM, AND GRANDMA'S CHARCOAL

The meeting in the format of discussion was held in the American nook of the A.S. Pushkin Library in Ust-Kamenogorsk. The reason is more than weighty – a historic date for the Republic of Kazakhstan, the world community, and the global anti-nuclear movement – August 29, when the Semipalatinsk Nuclear Test Site (SNTS) was closed. The invited speakers were employees of Ulba Metallurgical Plant (UMP).

THE EPICENTER OF THE WORLD

A pop-sciences lecture on the history of existence and subsequent closure of the SNTS was given by the Head of the Scientific Center of JSC «UMP», Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor **Manarbek Kylyshkanov**.

The information slides about the explosions, areas, radionuclide spreading territory, and consequences of the tests succeeded each other.

In 1989, the last explosion was made at the test site, and in 1991, by the Presidential Decree of the Republic of Kazakhstan, the SNTS was closed. From the very beginning Kazakhstan decided to become a nuclear-weapon-free country and to maintain peaceЦful relations with all countries of the world. After two years, the Kazakh American project to eliminate the infrastructure of the test site was already in full swing. In 1994, the entire arsenal of nuclear weapons was removed from the territory of Kazakhstan. In 1995, the last nuclear charge was eliminated by chemical detonation, and in 2000, the last adit was destroyed. The Government of Kazakhstan has taken several urgent measures to mitigate the environmental situation in the nuclear test site. The governments of the United States and Japan provide substantial financial assistance for environmental research. Scientific work under grants from the United States and Japan continues up to the current day.

ЗНАТЬ И НЕ БОЯТЬСЯ

Тема закрытия полигона плавно перетекла в обсуждение вопросов радиофобии. **Анатолий Степанов**, инженер-физик УМЗ, рассказал о естественном радиационном фоне, что не стоит бояться рентгена и КТ, а одну урановую таблетку можно спокойно подержать в руках, но делать это желательно в перчатках во избежание прямого загрязнения кожных покровов.

– *От КТ можно получить разовую дозу внешнего облучения, но человек от этого не становится источником излучения*, – пояснил Анатолий Анатольевич. – *Даже довольно частые медицинские исследования, такие как КТ и флюорография, не нанесут значимого вреда здоровью. Через несколько дней после процедуры организм полностью восстанавливается и негативного воздействия не происходит.*

– *Отмечу, что человек становится источником радиации, если в него попадают радиоактивные изотопы,* – к разговору подключился один из слушателей.

– *Для этого человек должен проглотить, к примеру, цезий, но таких случаев зафиксировано не было. А если серьёзно, человек может ненадолго сам стать источником ионизирующего излучения при применении им радиоактивных фармацевтических препаратов в лечебных целях,* – пояснил Анатолий Степанов.

А КАК У ВАС, НА УМЗ?

Дискуссия затронула и УМЗ, слушателям рассказали про новое производство «Ульба-ТВС», что Банк НОУ МАГАТЭ – это стратегический запас сырья для производства топлива, а не отходы. И что за все время работы Ульбинского металлургического завода с ураном не было ни одного случая превышения установленной законом дозы облучения сотрудников или аварийной ситуации.

TO KNOW AND NOT BE AFRAID

The topic of landfill closure smoothly flowed into a discussion of radiophobia. **Anatoly Stepanov**, a physics engineer at UMP, spoke about the natural radiation background, that one should not be afraid of X-rays and CT scans, and that one uranium tablet can be safely held in one's hands, but it is advisable to wear gloves to avoid direct contamination of the skin.

– *A CT scan can give a single dose of external radiation, but it does not make a person a source of radiation,-* Anatoly Anatolievich explained. – *Even quite frequent medical examinations, such as CT scans and fluorography, will not cause significant harm to health. A few days after the procedure, the body fully recovers and there is no negative impact.*

– *I would like to note that a person becomes a source of radiation if radioactive isotopes enter him,*" – one of the listeners joined the conversation.

– *For this purpose, a person must swallow, for example, cesium, but no such cases have been recorded. But seriously, a person can briefly become a source of ionizing radiation himself when he uses radioactive pharmaceuticals for medical purposes,* - explained Anatoly Stepanov.

LIKE ON THE UMP?

The discussion also touched upon the UMP; the audience was told about the new Ulba-TVS production facility, that the IAEA LEU Bank is a strategic reserve of raw materials for fuel production, not waste. Moreover, for all the time the Ulba Metallurgical Plant has been working with uranium, there has not been a single case of exceeding the legally established radiation dose to employees or an emergency.

ОБ АКТУАЛЬНОМ

Конечно, на встрече была поднята, пожалуй, самая актуальная на сегодня тема – строительство АЭС. Несомненно, это решит, помимо дефицита электроэнергии, и многие экологические проблемы. Потому что вред от сжигания угля в ТЭЦ наносит непоправимый ущерб окружающей среде. Но предстоит огромная работа в направлении применения Казахстаном атомной энергии.

Один из вопросов от присутствующих был следующим: «Так стоит ли бояться бабушкиной углярки, проверяют ли уголь на наличие радиации?».

– *Весь уголь однозначно проверяют, и в малых объёмах угля радиации – мизер, бабушка может спать спокойно*, – с улыбкой ответил Манарбек Калымович.

В ЗАКЛЮЧЕНИИ

Вопросов из зала было много, отрадно знать, что наша молодёжь разбирается в зивертах и беккерелях, знает, что такое ТВЭЛ и ТВС, может со знанием дела поговорить на тему строительства АЭС в Казахстане, и когда она окупится.

– *Поднятые сегодня на встрече темы – глобальны, это и угроза применения ядерного оружия, и строительство АЭС, и вопросы радиофобии, и использование атома в мирных целях, поэтому наши люди, и особенно молодёжь, должны обладать знаниями. Знания – сила и свет, и в наш век полезно быть просвещённым человеком*, – отметил в заключении Анатолий Степанов. – *И мы как сотрудники завода, представляющего атомную отрасль Казахстана, должны этому способствовать*.

Анна Чумина,
пресс-служба АО «УМЗ»

ABOUT THE ACTUAL

Certainly, the meeting raised perhaps the most pressing topic of the day - the construction of a nuclear power plant. Undoubtedly, this will solve, in addition to the shortage of electricity, many environmental problems. Because the harm from burning coal in thermal power plants causes irreparable damage to the environment. But there is a lot of work to be done in the direction of Kazakhstan's application of nuclear energy.

One of the questions from the audience was as follows: «So should we be afraid of grandmother's coal stove, is the coal checked for radiation?»

– *All coal is definitely checked, and in small volumes of coal radiation is negligible, grandmother can sleep well*, – Manarbek Kalymovich replied with a smile.

IN CONCLUSION

There were a lot of questions from the audience, it is encouraging to know that our young people understand about Sieverts and Becquerels, know what a fuel element and fuel assemblies are, and can talk about the construction of a nuclear power plant in Kazakhstan and when it will pay off.

– The topics raised at today's meeting are global, including the threat of nuclear weapons, construction *of nuclear power plants, radiophobia, and the peaceful use of the atom, so our people, especially young people, must have knowledge. Knowledge is power and light, and in our age, it is useful to be an enlightened person*, – Anatoly Stepanov noted in conclusion. – *And we as employees of the plant, representing the nuclear industry of Kazakhstan, should contribute to this*.

Anna Chumina,
press service of UMP JSC

Ядерное общество Казахстана

ВЕТЕРАНЫ АТОМНОЙ НАУКИ, ЭНЕРГЕТИКИ и ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

АГЭОА ВАНЭП

010000, Республика Казахстан, Астана,
пр.Кунаева, 29/1, 10 этаж, офис 2
Тел/Факс: +7 (7172) 34 86 96

БОЛАШАҚ МЕТАЛДЫ ЖАСАУШЫЛАР

«Қазатомөнеркәсіп» ҰАК» АҚ еншілес кәсіпорны Үлбі металлургия зауытында (ҮМЗ) бериллий негізінде бірегей өнімдер – интерметаллидтер жасау бойынша жұмыстар белсенді жалғасуда.

Бериллийдің екілік металларалық қосылыстарының (бериллиоз) ядролық және термоядролық энергетикада, аспап жасауда, аэроғарыштық және басқа салаларда қолдану әлеуеті зор. Әлемнің түкпір-түкпірінен келген мамандар, ғалымдар мен зерттеушілер бериллий интерметаллидінің үлкен болашағын болжайды.

БАҒЫТ - БЕРИЛЛИДТЕРГЕ

Соңғы жылдары «ҮМЗ» АҚ әртүрлі бериллидтерден дайындамалар мен бұйымдарды алу технологияларын әзірлейді және енгізеді, сондай-ақ олардың қасиеттерін зерттейді.

Евгений Франц,
«ҮМЗ» АҚ бериллий өндірісінің директоры:

– *Бериллийдің жаңа қолдану салаларын іздестіру және оның негізінде жаңа материалдарды жасау – біздің технологтар, ғалымдар мен маркетологтар үшін тұрақты міндет. Ғылыми-техникалық прогреске неғұрлым ауыр жұмыс жағдайында сенімді жұмыс істейтін жаңа қасиеттері бар материалдар қажет. Бериллидтер аэроғарыш өнеркәсібінде және жаңадан жасалған термоядролық синтез реакторларында пайдалану үшін қажет нәрсе.*

Қазіргі уақытта ҮМЗ ғылыми орталығының бериллий зертханасы жаңа нарықтарды игеру үшін бірегей өнімдерді жасау бойынша қарқынды жұмыс жүргізуде.

Сергей Ударцев,
«ҮМЗ» АҚ ғылыми орталығының бериллий зертханасының меңгерушісі:

– *Біз титан/хром/тантал бериллидтері туралы айтып отырмыз – олардың барлығының «өмір сүру» қабілеті бар – тек қолдану орнын табыңыз. Біздің міндетіміз қандай жоғары құнды өнімдерді алуға болатынын және олардың қандай қасиеттері мен сипаттамалары болуы мүмкін екенін зерттеу. Бұл бағыт біз үшін жаңа болғандықтан, бұл жұмысты қазақстандық ғылыми ұйымдармен бірлесіп атқарудамыз. Бүгінгі таңда тантал бериллидтерінен (Ta_2Be_{17}), хромнан ($CrBe_{12}$) және титаннан ($TiBe_{12}$) дайындамалар мен бұйымдарды өндіруде алғашқы нәтижелер бар.*

Бериллийдің 12 атомына бір ғана титан атомын қосу оның құрылымы мен қасиеттерін түбегейлі өзгертеді. Титан бериллийі таза бериллийді қолдану мүмкін болмаған жағдайда жұмыс істей алады

БАРЛЫҒЫНА ТӨТЕП БЕРЕТІН МЕТАЛЛ!

Бүгінгі күні әртүрлі физикалық факторлардың, атап айтқанда, прототиптік блок үлгілерінің ресурстық термоциклді сынақтарының әсерінен титан бериллидінен жасалған бұйымдардың мінез-құлқын зерттеу жалғасуда.

Сергей Ударцев:

– *Сынақтар әртүрлі динамикасы бар ауыспалы жылу әсерін білдіреді. Бұл жұмыстар Карлсруэ технологиялық институтымен (KIT, Германия) ынтымақтастық шеңберінде титан бериллидінен жасалған блоктардың жобаланатын DEMO термоядролық реакторының бланкет-тарақтышында блоктарды пайдалану жоспарланғанға ұқсас ауыспалы жылу жүктемелеріне тұрақтылығын негіздеу мақсатында орындалады. Бүгінгі таңда эксклюзивтілік өнеркәсіптік жабдықта нақты прототиптерге жақын мөлшерде тәжірибелі дайындамаларды алу болып табылады.*

Қазіргі уақытта нақтыланған жылу режимдерінде алты бөлікке бөлінген прототиптік блоктың алтыбұрышты термоциклді сынақтарының кезекті кезеңі орындалуда.

ҮМЗ бірегей материалына Қазақстан Республикасының Ұлттық ядролық орталығы (Курчатов) мен ҚР Ядролық физика институты (Алматы) қызығушылық танытты. Олармен бірлесе отырып, бериллий зертханасы титан бериллидінің негізгі қасиеттері мен параметрлерін зерттеу бойынша іс-шаралар жоспарын жасады. Алдағы 2 жылда зауыт ғалымдары осы зерттеулермен айналысады, бұл металдың тағы не істей алатынын білу үшін экстремалды жағдайларда эксперименттер жүргізеді

Манарбек Қылышқанов,
«ҮМЗ» АҚ ғылыми орталығының бастығы:

– *Алдымен біздің тапсырыс берушімізге «қыздыру – салқындату» циклдерінің санын 150-ге дейін арттыру міндеті қойылды. Сәтті сынақтардан кейін циклдар саны 500-ге дейін, содан кейін 1500-ге дейін өсті(!). Жарты жыл ішінде біз қалған 500 сынақты ерекше төтенше жағдайларда өткіземіз. Бұл өте маңызды, өйткені біздің материал 800 градусқа дейінгі температуралық жүктемелерде қажетті цикл санына төтеп беретініне сенімді болуымыз керек. Бұл жұмыс ҮМЗ ғылыми орталығының базасында, бериллий зертханасында жүргізілуде. Біз осы интерметаллидпен бірқатар сынақтарды (Карлсруэ институтының сұранысы бойынша) бірінші болып өткізгенімізді атап өтемін. Ал материал оларға сәтті төтеп берді!*
– *Егер бұл сынақтар сәтті өтіп, материал нашарламаса, біздің титан бериллидіміз термоядролық реакторларда қолдануға «үміткер» болу мүмкіндігі бар.*
– *ҮМЗ технологтары мен ғалымдары бірнеше рет сынға түсті. Ал бұл сын – ғарыш дәуірінің материалын жасауды олар лайықты қабылдады. Зауыттың бірегей дамуы жақын арада қажетті өнімге айналып, адамзат игілігіне қызмет етеді деп үміттенеміз!*

Разия Сертаева,
«ҮМЗ» АҚ баспасөз қызметі

СОЗДАТЕЛИ МЕТАЛЛА БУДУЩЕГО

На Ульбинском металлургическом заводе (УМЗ), дочернем предприятии АО «НАК «Казатомпром», активно продолжается работа над созданием уникальных продуктов – интерметаллидов на основе бериллия.

У бинарных интерметаллических соединений бериллия (бериллидов) большой потенциал применения в ядерной и термоядерной энергетике, приборостроении, авиакосмической и других отраслях промышленности. Специалисты, учёные и исследователи со всего мира пророчат интерметаллидам бериллия большое будущее.

КУРС – НА БЕРИЛЛИДЫ

В последние годы АО «УМЗ» разрабатывает и внедряет технологии получения заготовок и изделий из различных бериллидов, а также изучает их свойства.

Евгений Франц,
директор бериллиевого производства АО «УМЗ»:

– *Поиск новых применений бериллия и создание новых материалов на его основе – постоянные задачи для наших технологов,учёныхимаркетологов. Научно-технический прогресс требует материалов с новыми свойствами, которые будут надёжно работать в более жёстких условиях эксплуатации. И бериллиды – это то, что нужно для применения в аэрокосмической отрасли и в создаваемых реакторах термоядерного синтеза.*

– *В настоящее время лаборатория бериллия научного центра УМЗ усиленно работает над созданием уникальных продуктов для освоения новых рынков сбыта.*

CREATORS OF METAL OF THE FUTURE

The Ulba Metallurgical Plant (UMP), a NAC Kazatomprom JSC subsidiary, is actively continuing work on the creation of unique products – beryllium-based intermetallics.

Binary intermetallic compounds of beryllium (beryllides) have great potential for application in nuclear and fusion energy, instrumentation, aerospace, and other industries. Specialists, scientists and researchers from all over the globe are predicting a great future for beryllium intermetallics.

TOWARDS ON BERYLLIDES

In the last few years, UMP JSC has been developing and implementing technologies for the production of different beryllide parts and products, as well as studying their properties.

Yevgeniy Frants,
Director of beryllium production at UMP JSC:

– *Finding new applications for beryllium and creating new materials based on it are ongoing challenges for our technologists, scientists, and marketers. Scientific and technological progress requires materials with new properties that will work reliably in harsher operating conditions. This is what beryllides are for use in the aerospace industry and in the fusion reactors that are being developed.*

– *Currently, the beryllium laboratory of the UMP Research Center is working hard to create unique products to develop new markets.*

Сергей Ударцев,
начальник лаборатории бериллия научного центра АО «УМЗ»:

– *Речь о бериллидах титана/хрома/тантала – все они имеют возможность «жить» – найти свою нишу применения. Наша задача – исследовать, какие продукты высокого передела мы можем получать, и какими свойствами и характеристиками они могут обладать. Поскольку это направление новое для нас, данную работу проводим в сотрудничестве с казахстанскими исследовательскими организациями. К настоящему моменту есть первые результаты в получении заготовок и изделий из бериллидов тантала (Ta_2Be_{17}), хрома ($CrBe_{12}$) и титана ($TiBe_{12}$).*

Добавление всего лишь одного атома титана к 12 атомам бериллия радикально меняет его структуру и свойства. Бериллид титана может работать в условиях, когда применение чистого бериллия невозможно.

МЕТАЛЛ, КОТОРЫЙ ВЫДЕРЖИТ ВСЕ!

Сегодня продолжаются тесты-исследования поведения изделий из бериллида титана в условиях воздействия различных физических факторов, в частности, ресурсных термоциклических испытаний образцов блоков-прототипов.

Сергей Ударцев:

– *Испытания представляют собой знакопеременное тепловое воздействие с различной динамикой. Данные работы выполняются в рамках сотрудничества с Технологическим институтом Карлсруэ (KIT, Германия) с целью обоснования устойчивости блоков из бериллида титана к переменным тепловым нагрузкам, аналогич-*

Уникальным материалом УМЗ заинтересовались Национальный ядерный центр Республики Казахстан (Курчатов) и Институт ядерной физики РК (Алматы). В сотрудничестве с ними лаборатория бериллия разработала план мероприятий по изучению фундаментальных свойств и параметров бериллида титана. В ближайшие 2 года учёные завода будут заниматься этими исследованиями, проводить эксперименты в экстремальных условиях, чтобы узнать, на что ещё способен этот металл.

Sergey Udartsev,
Head of the Beryllium Laboratory of the Scientific Center of UMP JSC:

– *We are talking about titanium/chromium/tantalum beryllides – they all have a chance to «live» – to find their niche applications. It is our task to investigate which products of high conversion we can obtain, and what properties and characteristics they may have. Since this direction is new for us, we are doing this work in cooperation with local research organizations. By now, we have the first results in obtaining workpieces and products from tantalum (Ta_2Be_{17}), chromium ($CrBe_{12}$) and titanium ($TiBe_{12}$) beryllides.*

The addition of just one atom of titanium to 12 atoms of beryllium completely changes its structure and properties. Titanium beryllide can operate in conditions where pure beryllium cannot be utilized.

THE METAL THAT CAN WITHSTAND ANYTHING!

Nowadays, tests and studies of titanium beryllide products behavior under the influence of various physical factors, in particular, resource thermocyclic tests of prototype block samples are still in progress.

Sergey Udartsev:

– *The tests represent variable thermal stresses with different dynamics. This work is performed within the framework of cooperation with the Karlsruhe Institute of Technology (KIT, Germany) to justify the stability of titanium beryllide blocks to variable thermal loads similar to those in which the blocks are planned to be used in the breeder blanket of the designed DEMO fusion*

The National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan (Kurchatov) and the Institute of Nuclear Physics of the Republic of Kazakhstan (Almaty) were interested in the unique UMP material. In collaboration with them, the beryllium laboratory developed the plan of measures to study fundamental properties and parameters of titanium beryllide. In the next 2 years, the plant's scientists will be engaged in these studies, conduct experiments in extreme conditions to find out on what else this metal is capable of.

ным тем, в которых планируется эксплуатация блоков в бланкете-размножителе проектируемого термоядерного реактора DEMO. Эксклюзивность на сегодня заключается в получении опытных заготовок на промышленном оборудовании в размерах, приближенных к реальным прототипам.

В настоящее время выполняется очередной этап ресурсных термоциклических испытаний шестигранного фрагментированного на шесть частей блока-прототипа в уточнённых тепловых режимах.

Манарбек Кылышканов,
начальник научного центра АО «УМЗ»:

– *Сначала нашим заказчиком была поставлена задача – увеличить количество циклов «нагревания-остывания» до 150. После успешных испытаний число циклов увеличили до 500, а затем до 1 500(!). В течение полугода будем проводить оставшиеся 500 испытаний в особо экстремальных условиях. Это очень важно, поскольку мы должны быть уверены, что наш материал выдержит необходимое количество циклов при температурных нагрузках до 800 градусов. Данная работа ведётся на базе научного центра УМЗ, в лаборатории бериллия. Отмечу, что мы первые, кто провел ряд испытаний (по запросу института Карлсруэ) с этим интерметаллидом. И материал их успешно выдержал!*

– *Если эти испытания пройдут успешно и материал не разрушится, есть вероятность, что наш бериллид титана станет «кандидатом» для работы в термоядерных реакторах.*

– *Технологам и учёным УМЗ не раз бросали вызовы. И этот вызов – создание материала космической эры – достойно принят ими. Остаётся надеяться, что уникальная разработка завода в скором времени воплотится в необходимую продукцию и будет служить во благо человечества!*

Разия Сертаева,
пресс-служба АО «УМЗ»

reactor. The exclusivity to date lies in obtaining prototype blanks on industrial equipment in dimensions close to real prototypes.

Currently, the next stage of resource thermocyclic tests of the hexagonal fragmented into six parts prototype block in the specified thermal conditions is underway.

Manarbek Kylyshkanov,
Head of Scientific Center of UMP JSC:

– *Initially, our customer set the task of increasing the number of heating-cooling cycles to 150. After successful tests, the number of cycles was increased to 500 and then to 1,500(!). Within six months we will conduct the remaining 500 tests under particularly extreme conditions. This is very important, because we must be sure that our material will withstand the necessary number of cycles at temperature loads of up to 800°C. This work is being performed at the UMP scientific center, in the beryllium laboratory. I should note that we are the first ones to conduct several tests (at the request of the Karlsruhe Institute) with this intermetallic compound. The material has successfully withstood them!*

– *If these tests are successful and the material does not degrade, there is a possibility that our titanium beryllide will become a «candidate» for fusion reactor operation.*

– *Technologists and scientists at UMP have been challenged many times. This challenge – creation of space age material – is worthily accepted by them. We can only hope that the unique development of the plant will soon be realized in the necessary products and will serve for the benefit of mankind!*

Raziya Sertayeva,
press service of UMP JSC

Ядерное общество Казахстана

Казахстанское отделение Международного движения

ЖЕНЩИНЫ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

(WiN Global)

Основная миссия

– информирование и просвещение общественности, особенно женщин и молодого поколения, о преимуществах и перспективах развития ядерных и радиационных технологий.

Объединяет в своих рядах женщин-специалистов атомной науки и промышленности Республики Казахстан.

Открыто в 2020,
подготовительная работа с 2017.

АНКЕТА для вступления:

Kazakhstan WiN Women in Nuclear
ЖЕНЩИНЫ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

ЯДРОЛЫҚ САЛАДАҒЫ ӘЙЕЛДЕР

ЖЕНЩИНЫ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

Kazakhstan WiN Women in Nuclear ЖЕНЩИНЫ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

WOMEN in NUCLEAR

ЖОҒАРЫ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ САЛАЛАРДАҒЫ ӘЙЕЛДЕР

2023 жылы 27 және 29 қарашада Қазақстан Республикасында Ресей, Қазақстан, Тәжікстан, Өзбекстан, Тунис, Қырғызстан, Танзания, Үндістан және Индонезия сарапшылары әйелдерді ғылыми, технологиялық және инновациялық салаларға тарту бойынша үздік тәжірибелерді ұсынды.

Іс-шараларды «**Қазақстанның ядролық қоғамы**» қауымдастығы және «**Атом саласы әйелдерінің бірлестігі**» әйелдер бастамаларын қолдау және дамыту қоры ұйымдастырушылар қол қойған әйелдер мүддесі үшін ынтымақтастық туралы халықаралық келісім шеңберінде «Росатом» мемлекеттік корпорациясының қолдауымен ұйымдастырды.

Астанада әйелдердің инновациялық белсенділігінің деңгейін арттыру және олардың жоғары технологиялық салаларға қатысуын кеңейтуге, кәсіби даму үшін жағдай жасауға бағытталған стратегияларды іске асыру мақсатында ұйымдастырылған «Қазақстан және Ресей әйелдері: жоғары технологиялық салаларды орнықты дамыту мақсатында ынтымақтастық энергиясы» халықаралық форум-диалогы іс-шаралар сериясын ашты.

Форум-диалогқа қатысушылар әйел мамандардың кәсіби дамуы үшін қолайлы орта құру, ғылыми қызметке ынталандыру, жас ұрпақты STEM-мамандыққа тарту, сондай-ақ ғылыми-техникалық салада халықаралық диалогты дамыту бойынша үздік тәжірибелерді ұсынды.

Ресей мен Қазақстанның берік серіктестік байланыстары әйел көшбасшылардың белсенді қатысуының арқасында көптеген жаңа форматтарға ие болды, деп атап өтті РФ ФК Федерация Кеңесі жанындағы Еуразиялық әйелдер форумы кеңесінің төрағасы **Галина Карелова** құттықтау сөзінде, – *«Қазақстанның атом саласы мен ядролық қоғамы әйелдерінің бірлестігінің серіктестігі мамандардың білім деңгейін арттыруға, технологиялық және инновациялық технологияларды іске асыру кезінде тәжірибе алмасуға бағытталған жастардың ғылымға деген қызығушылығын ояту»*.

Өз кезегінде, «Росатом» мемлекеттік корпорациясы бас директорының персонал жөніндегі орынбасары **Татьяна Терентьева** әйелдердің жоғары технологиялық салаларға қатысуын кеңейту мақсатында Ресей мен Қазақстан әйелдері арасындағы халықаралық диалогты дамытудың маңыздылығын атап өтіп, «Қазақстанның ядролық қоғамы» қауымдастығына әріптестік үшін алғыс білдірді. Саладағы гендерлік тепе-теңдікті қамтамасыз ету Росатомның кадр саясатының маңызды бағыттарының бірі болып табылады.

«Қазақстанның ядролық қоғамы» қауымдастығының директоры **Тоғжан Сейфуллина** форум-диалог озық тәжірибелермен алмасуға, әйелдердің кәсіби дамуына және атом өнеркәсібіндегі әйелдердің әлеуетін ашу мүмкіндіктерін көрсетуге бағытталған Ресей мен Қазақстанның әйел-мамандарының халықаралық ынтымақтастығын дамытудағы жаңа серпін болғанын атап өтті, – *«Соңғы зерттеулерге сүйене отырып, Ресей мен Қазақстан әйелдері арасындағы халықаралық ынтымақтастықты дамыту Қазақстанда жоғары техникалық білім алған қыздардың кем дегенде 50%-ы осы бағытта жұмысты жалғастыруда. Форумда осы мәселені шешу үшін қатысушы компаниялардың үздік тәжірибелері ұсынылған»*.

«Зерттеулерге сәйкес, әлемдік атом саласында ерлер мен әйелдердің өкілдігінде теңгерімсіздік байқалады: Ресей мен Қазақстанды қоса алғанда, әлемнің 18 елінде әйелдер осы саладағы қызметкерлер санының 25%-ын құрайды, басшылық лауазымдарда олар одан да аз. Сондықтан қыздарға атом саласында қандай мүмкіндіктер ашылатынын көрсету маңызды»,– деп атап өтті «Атом саласының әйелдер бірлестігі» қорының тең құрылтайшысы **Александра Рябых**.

Спикер **Ахмурзина Ләззат**, «KAZENERGY» қауымдастығының адами капиталды дамыту жөніндегі

Атқарушы директоры, стереотипті, үйреншікті дәстүрлерді өзгерту қажеттігі туралы хабарлады. Ол «KAZENERGY» Әйелдер энергетикалық клубына биыл 10 жыл толғанын айтты. Дәстүрлі энергетикада әйелдер аз - қызметкерлердің барлық кәсіби құрамының төрттен бір бөлігі ғана. «Қазатомөнеркәсіп» ҰАК» АҚ Әлеуметтік жұмыс департаментінің директоры **Қожагилдина Жаннат** Қазатомөнеркәсіптің негізгі басымдықтарының бірі гендерлік теңдік екенін айтты. Өткен жылдың соңында компанияда 21 000-нан астам адам жұмыс істеді, олардың 3 642-сі әйелдер. Компания барлық деңгейдегі қызметкерлердің әл-ауқатын қолдауға инвестиция салады: қызметкерлердің қаржылық, физикалық және әлеуметтік әл-ауқаты, мансапты дамыту, психикалық денсаулық сияқты. Ұйымдағы әйелдердің көшбасшылық үлесін арттыру үшін алғашқы іс-шаралардың бірі компаниядағы әйелдерге ашылатын мүмкіндіктерді көрсету мақсатында өткізілген «Әйелдер көшбасшылығы апталығы» болды. Осы бағдарлама арқылы компанияда әйелдер қауымдастығы құрылады – *«Біз серіктестік негізінде Росатоммен бірге әйелдерге барлық жинақталған әлеуетті іске асыруға көмектесетін бағдарламаларды іске асыруды жоспарлап отырмыз»*.

Шақырылған шетелдік әріптестер де өз пікірлерін білдірді. Қырғызстан Республикасындағы WiN президенті **Аида Дүйшенбиев**а Қырғызстанда 2020 жылы ЮНИСЕФ қолдауымен жастардың ғылым, техникалық сала және инженерлік қызметтегі мүмкіндіктерін кеңейтуге бағытталған «Ғылымдағы қыздар» бағдарламасы іске қосылғанын хабарлады. 48 мыңнан астам оқушы STEAM және көшбасшылық бойынша тренингтерден өтті, содан кейін өз құрдастарына сабақ берді. 600-ден астам оқытушы математика, биология, химия, физика, информатика бойынша гендерлік бағдарланған оқыту курсынан өтті. Курс осы пәндерді оқытудың міндетті бағдарламасына кірді, барлық сабақтар Республика Ғылым министрлігінің сайтында ашық түрде орналастырылды. 2 700 қыз STEAM табысты көшбасшыларынан кәсіпорындар мен министрліктер бойынша шеберлік сыныптары мен экскурсиялар форматында тәлімгерлік бағдарламасынан өтті, қатысушылар ғылым мен техникалық салада табысты мансап құрған әйелдермен танысты.

Нақты ғылымдарға тарту үшін оқушылармен және кәсіптік бағдар беру бойынша студенттермен кездесулерді Тәжікстанның WiN бөлімшесі де өткізеді. Қауымдастық ғылыми-техникалық салада, оның ішінде химиялық, биологиялық, радиологиялық және ядролық қауіпсіздік саласында жұмыс істейтін әйел мамандарды біріктіреді, деді республикадағы WiN өкілі **Мехрангез Муминова**. Ұйым республиканың жетекші жоғары оқу орындарының студенттері арасында эссе конкурстарын өткізеді, онда олар ғылыми-техникалық салалардағы әйелдердің көшбасшылығы туралы өз ойларымен бөліседі, сондай-ақ қыздарды практикалық конференцияларға қатысуға шақырады.

ҚР Ұлттық ядролық орталығы Астана филиалының директоры **Майра Мұқышева** әйелдерді ғылымға қалай тарту керектігі туралы тәжірибесімен бөлісті. Оның айтуынша, өндірісте және зертханада жұмыс

істейтін 900-ге жуық қызметкердің 28 пайызы әйелдер болса, ол шамамен алғанда 243-і. Ал ғылыми дәрежесі бар 34 кандидаттың 11-і әйелдер. Олардың барлығы дерлік орталық мамандарының арқасында ғылымға келген – қыздар студенттік шақтарынан «қанаттарының астына алынды»: олар үшін атом энергетикасы саласындағы таңдаған мамандықтары бойынша шеберлік сабақтарын өткізілді.

Қыздарға оқу бағдарламалары мен ғылыми-метрика бойынша маман, ядролық және термоядролық реакторлар материалдары саласындағы зерттеуші ғалым, А. Бүркітбаев атындағы Энергетика және машина жасау институтының ядролық физика ғылымдарының докторы **Инеш Кенжина** өз құзыреттеріне сенімді болуға көмектеседі. Ол докторанттардың ғылыми жетекшісі, оның 70%-дан астамы қыздар. Әріптестерімен бірге Инеш жастарға халықаралық рейтингтік журналдарға мақалалар жазуды және академиялық мансапты дамытуды үйретеді.

2023 жылы 29 қарашада Алматыдағы «STEM-дегі әйелдер» сессиясының халықаралық мониторингінде «Әйелдер технологиялар мен инновациялардың тұрақты дамуы үшін» сессиясының спикерлері әйелдердің технологиялар мен инновацияларды дамытуға, сондай-ақ студент қыздар мен жас ұрпақты STEM-ге тарту жөніндегі практикаға қосқан рөлі мен үлесін талқылады.

Өзінің жеке тәжірибесімен бөліскендер: **Тәжібаева Тамара**, ЮНЕСКО кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ профессоры; **Кенжина Инеш**, ядролық физика бойынша PhD, оқыту бағдарламалары және ғылыми-метрика бойынша маман; **Жакеева Айжан**, «Қазроботикс» Президенті; **Мерси Джошуа Мвакиталима**, электроника және телекоммуникация инженері, информатика және ашық деректер базасы бойынша магистрант Санкт-Петербург Электротехникалық университетінде; **Солдатова Юлия**, «Атомфлот» ФМУ радиациялық қауіпсіздік тобының бірінші санатты радиометрист инженері; ядролық білім беру елшілері, **Кульсартова Анна**, ядролық технологиялар қауіпсіздігі ғылыми-техникалық орталығының жоба менеджері; **Фатх Наба Адила**, Ресей ядролық білім беру елшісі, Индонезия мұнай-газ қауымдастығының Ресей және Шығыс Еуропа секциясының хатшысы; **Саркисьян Ирина**, жобалау кеңсесінің басшысы, Росатом техникалық академиясының ядролық білім беру трансфері, **Каммун Нэжва**, физика факультетінің профессоры Тунис университеті және басқа сарапшылар.

Мұндай зерттеулер STEAM-де қыз студенттердің дамуын жұмысқа орналасуға көмектесу, табысты өкілдермен кездесу, жоғары технологиялық салалардағы өкілдердің сәттілік тарихын насихаттау арқылы ынталандырудың маңыздылығын көрсетеді. Технологиялық көшбасшы әйелдердің рөлдік модельдерінің мысалында менторинг-сессияға қатысушыларға ғылыми-техникалық мамандықтардағы қыздар туралы қалыптасқан стереотиптерді қалай жоюға және мамандықта жоғары нәтижелерге қол жеткізуге мысалдар келтірілді.

әл-Фараби атындағы ҚазҰУ студенттері мен НИЯУ МИФИ филиалы арасынан **150**-ден астам күндізгі менторинг-сессияға қатысушылардың жоғары қызығушылығы Қазақстан Республикасы мен Ресейдің бейінді жоғары оқу орындарының алаңында бірлескен іс-шараларды өткізуді жалғастырудың маңыздылығын көрсетті.

ҚЯҚ баспасөз қызметі

ЖЕНЩИНЫ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ
WOMEN IN HIGH-TECH INDUSTRIES

27 и 29 ноября 2023 года в Республике Казахстан эксперты из России, Казахстана, Таджикистана, Узбекистана, Туниса, Кыргызстана, Танзании, Индии и Индонезии представили лучшие практики по вовлеченности женщин в научную, технологическую и инновационную сферы.

Мероприятия были организованы Ассоциацией «**Ядерное общество Казахстана**» и Фондом поддержки и развития женских инициатив «**Объединение женщин атомной отрасли**» при поддержке Госкорпорации «Росатом» в рамках подписанного организаторами международного соглашения о сотрудничестве в интересах женщин.

Открыл серию мероприятий в Астане Международный форум-диалог «Женщины Казахстана и России: энергия сотрудничества в целях устойчивого развития высокотехнологичных отраслей», организованный с целью повышения уровня инновационной активности женщин и реализации стратегий, направленных на расширение их участия в высокотехнологичных отраслях, создание условий для профессионального развития.

On November 27 and 29, 2023 in the Republic of Kazakhstan, experts from Russia, Kazakhstan, Tajikistan, Uzbekistan, Tunisia, Kyrgyzstan, Tanzania, India and Indonesia presented best practices on women's involvement in science, technology and innovation.

The events were organized by the Association «**Nuclear Society of Kazakhstan**» and the Fund for Support and Development of Women's Initiatives «**Association of Women in the Nuclear Industry**» with the support of Rosatom State Corporation under the international agreement on cooperation for women signed by the organizers.

The series of events in Astana was started by the International Forum-Dialogue «Women of Kazakhstan and Russia: Energy of Cooperation for Sustainable Development of High-Tech Industries», organized to increase the level of women's innovative activity and implementation of strategies aimed at increasing their participation in high-tech industries and creating conditions for professional development.

The participants of the forum-dialogue presented the best practices for creating a comfortable environment for professional development of female specialists, stimulating scientific activity, attracting the younger generation to STEM professions, as well as for the development of international dialog in the scientific and technological area.

Strong partnership ties between Russia and Kazakhstan have acquired many new formats due to the active involvement of women leaders, said **Galina Karelova**, Chairman of the Council of the Eurasian Women's Forum at the Federation Council of the Federal Assembly of the Federal Assembly of the Russian Federation, in her welcoming speech, - «*The partnership between the Association of Women in the Nuclear Industry and the Nuclear Society of Kazakhstan is aimed at improving the knowledge of specialists, sharing experience in the implementation of technological and innovative projects, and stimulating young people's interest in science*».

In addition, **Tatyana Terentyeva**, Deputy General Director for Personnel of Rosatom State Corporation, outlined the importance of developing international dialog between women of Russia and Kazakhstan to increase women's participation in high-tech industries and expressed her gratitude to the Association «Nuclear Society of Kazakhstan» for the partnership. Ensuring gender balance in the industry is one of the important areas of Rosatom's HR policy.

Director of the Association «Nuclear Society of Kazakhstan» **Togzhan Seifullina** noted that the forum-dialogue became a new impetus in the development of international cooperation of women professionals from Russia and Kazakhstan, aimed at sharing best practices, professional development of women and demonstration of opportunities to unlock women's potential in the nuclear industry,– «*Based on recent studies, it has been revealed that in Kazakhstan less than 50% of women who have received higher technical education continue this line of work. The forum presents the best practices of the participating companies to address this issue*».

«*According to studies, there is an imbalance in the representation of men and women in the global nuclear industry: in 18 countries around the world, including Russia and Kazakhstan, women represent 25% of the workforce, with even fewer women in management positions. Therefore, it is important to*

Участницы форума-диалога представили лучшие практики по созданию комфортной среды для профессионального развития женщин-специалистов, стимулированию к научной деятельности, привлечению молодого поколения в STEM-профессии, а также по развитию международного диалога в научно-технической сфере.

Крепкие партнерские связи России и Казахстана приобрели много новых форматов, благодаря активному участию женщин-лидеров, отметила в приветственном слове председатель Совета Евразийского женского форума при Совете Федерации ФС РФ **Галина Карелова**,– «*Партнерство Объединения женщин атомной отрасли и Ядерного общества Казахстана направлено на повышение уровня знаний специалистов, обмен опытом при реализации технологических и инновационных проектов, стимулирование интереса молодежи к науке*».

В свою очередь, заместитель ген.директора по персоналу Госкорпорации «Росатом» **Татьяна Терентьева** обозначила важность развития международного диалога между женщинами России и Казахстана с целью расширения участия женщин в высокотехнологичных отраслях и поблагодарила Ассоциацию «Ядерное общество Казахстана» за партнерство. Обеспечение гендерного баланса в отрасли является одним из важных направлений кадровой политики Росатома.

Директор Ассоциации «Ядерное общество Казахстана» **Тогжан Сейфуллина** отметила, что форум-диалог стал новым импульсом в развитии международного сотрудничества женщин-специалистов России и Казахстана, направленного на обмен передовыми практиками, профессиональное развитие женщин и демонстрацию возможностей для раскрытия женского потенциала в атомной про-

мышленности,– «*Основываясь на последних исследованиях, выявлено, что в Казахстане менее 50% девушек, получивших высшее техническое образование, продолжают это направление в работе. На форуме представлены лучшие практики компаний-участников для решения этого вопроса*».

«*Согласно исследованиям, в мировой атомной отрасли наблюдается дисбаланс в представленности мужчин и женщин: в 18 странах мира, включая Россию и Казахстан, женщины составляют 25% от числа работников этой сферы, на руководящих постах их еще меньше. Поэтому важно показывать девушкам, какие возможности перед ними открываются в атомной отрасли*»,– подчеркнула соучредитель Фонда «Объединение женщин атомной отрасли» **Александра Рябых**.

Спикер **Ахмурзина Ляззат**, Исполнительный директор по развитию человеческого капитала Ассоциации «KAZENERGY», сообщила о необходимости изменений стереотипизации, привычных традиций. Она рассказала, что Женскому энергетическому клубу «KAZENERGY» в этом году исполнилось 10 лет. Женщин в традиционной энергетике мало - всего четверть из всего профессионального состава работников. **Кожагилдина Жаннат**, Директор департамента по социальной работе АО «НАК «Казатомпром», сообщила, что одним из основных приоритетов Казатомпрома является гендерное равенство. В компании на конец прошлого года работало более 21 000 человек из них 3 642 женщины. Компания вкладывается в поддержание благополучия сотрудников на всех уровнях: финансовое, физическое и социальное благополучие сотрудников, развитие карьеры, ментальное здоровье. Для повышения доли женщин среди руководителей в организации, одним из первых мероприятий была «Неделя женского лидерства», проводимая с целью демонстрации возможностей, открывающихся для женщин в компании. Посредством этой программы в компании создается женское сообщество, - «*Планируем на партнерской основе вместе с Росатомом реализовывать программы, которые помогут женщинам реализовывать весь накопленный потенциал*».

Своё мнение высказали также приглашённые иностранные коллеги. Президент WiN в республике Кыргызстан **Аида Дуйшенбиева** сообщила, что в Кыргызстане в 2020 году при поддержке ЮНИСЕФ была запущена программа «Девочки в науке», направленная на расширение возможностей молодежи в науке, технической сфере и инженерной деятельности. Более 48 тысяч школьников прошли тренинги по STEM и лидерству, а затем обучили своих сверстников. Более 600 преподавателей прошли курс гендерно-ориентированного обучения по математике, биологии, химии, физике, информатике. Курс вошел в обязательную программу преподавания этих предметов, все уроки размещены в открытом доступе на сайте Минобрнауки республики. 2 700 девочек прошли программу наставничества от успешных лидеров STEM в формате мастер-классов и экскурсий по предприятиям и министерствам, участницы познакомились с женщинами, которые выстроили успешную карьеру в науке и технической сфере.

Встречи со школьниками и студентами по профориентации для привлечения к точным наукам проводит также отделение WiN Таджикистан. Сообщество объединяет женщин-специалистов, работающих в научно-технической сфере, в том числе в сфере химической, биологической, радиологиче-

expose young ladies to the opportunities available to them in the nuclear industry»,– emphasized **Alexandra Ryabykh**, co-founder of the Foundation «Association of Women in the Nuclear Industry».

Speaker **Akhmurzina Lyazzat**, Executive Director for Human Capital Development of the Association «KAZENERGY», reported on the need to change stereotyping, habitual traditions. She said that the Women's Energy Club «KAZENERGY» celebrated its 10th anniversary this year. There are few women in the traditional energy sector – only a quarter of the total professional staff. **Kozhagildina Zhannat**, Director of Social Work Department of NAC Kazatomprom JSC, said that one of the main priorities of Kazatomprom is gender equality. At the end of last year, the company employed more than 21,000 people, including 3,642 women. The company invests in employee well-being at all levels: financial, physical and social well-being of employees, career development, and mental health. To increase the proportion of women leaders in the organization, one of the first activities was the «Women's Leadership Week» held to showcase opportunities for women in the company. Through this program, a women's community is being created in the company,- «*We plan to partner with Rosatom to implement programs that will help women realize their full gained potential.*».

The invited foreign colleagues also expressed their opinions. **Aida Duishenbieva**, President of WiN in the Republic of Kyrgyzstan, said that in Kyrgyzstan in 2020, with the support of UNICEF, a program «Women in Science» was launched, aimed at expanding opportunities for young people in science, technology and engineering activities. More than 48,000 school children received STEM and leadership trainings and then taught their peers. More than 600 teachers took a gender-specific course in math, biology, chemistry, physics, and computer science. The course became part of the mandatory program

for teaching these subjects, and all lessons are publicly available on the Ministry of Education and Science's website. 2,700 young women completed a mentoring program from successful STEM leaders in the format of master classes and excursions to enterprises and ministries; the participants met women who have built successful careers in science and technology.

The Tajikistan branch of WiN also conducts career guidance meetings with schoolchildren and students to attract them to the natural sciences. The community unites women professionals working in science and technology, including chemical, biological, radiological, and nuclear safety, WiN Tajikistan spokeswoman **Mehrangez Muminova** said. The organization holds essay

contests among female students at the republic's leading universities, where they share their thoughts on women's leadership in science and technology, and

ской и ядерной безопасности, рассказала представитель WiN в республике **Мехрангез Муминова**. Организация проводит конкурсы сочинений среди студенток ведущих вузов республики, где они делятся своими размышлениями о лидерстве женщин в научно-технических отраслях, а также приглашает девушек к участию в практических конференциях.

Своим опытом, как привлечь женщин в науку, поделилась директор астанинского отделения Национального ядерного центра Казахстана **Майра Мукушева**. По ее словам, среди почти 900 сотрудников, занятых в производстве и лабораторной работе, – 28% составляют женщины, их 243. А среди 34 кандидатов с ученой степенью женщин – 11. Практически все из них пришли в науку, благодаря специалистам центра – девушек «взяли под опеку» еще со студенческой скамьи: проводят для них мастер-классы, которые погружают в выбранную специальность в сфере атомной энергетики.

Помогает девушкам стать увереннее в своих

компетенциях и специалист по обучающим программам и наукометрии, учёный-исследователь в области материалов ядерных и термоядерных реакторов, доктор наук по ядерной физике казахстанского Института энергетики и машиностроения им. А. Буркитбаева **Инеш Кенжина**. Она научный руководитель докторантов, более 70% из которых – девушки. Вместе с коллегами Инеш обучает молодёжь, как писать статьи в международные рейтинговые журналы, как писать статьи в международные рейтинговые журналы и развивать академическую карьеру.

Роль и вклад женщин в развитие технологий и инноваций, а также практики по вовлечению девушек-студенток и молодого поколения в STEM обсудили спикеры сессии «Женщины за устойчивое развитие технологий и инноваций» 29 ноября 2023 года на Международной мониторинг сессии «Женщины в STEM» в Алматы.

invites girls to participate in practical conferences.

Mayra Mukusheva, director of the Astana branch of the National Nuclear Center of Kazakhstan, shared her experience on how to attract women to science. Almost all of them came to science, thanks to the specialists of the center – the young women

were «taken under supervision» since they were students: they hold master classes for them, which immerse them in the chosen specialty in the field of nuclear energy.

Inesh Kenzhina, a specialist in training programs and science metrics, a research scientist in the field of nuclear and fusion reactor materials, and a PhD in nuclear physics at Kazakhstan's A. Burkitbayev Institute of Energy and Mechanical Engineering, help the girls become more confident in their competencies. She is the supervisor of PhD students, more than 70% of which are women. Along with her colleagues, Inesh teaches young people how to write articles for international peer reviewed

journals, and how to develop their academic careers.

The role and contribution of women in the development of technology and innovation, as well as practices to engage female students and the younger generation in STEM were discussed by the speakers of the session «Women for sustainable

О своём личном опыте рассказали: **Тажибаева Тамара**, доцент кафедры ЮНЕСКО, профессор КазНУ имени аль-Фараби; **Кенжина Инеш**, PhD по ядерной физике, специалист по обучающим программам и наукометрии; **Жакеева Айжан**, Президент «Казроботикс»; **Мерси Джошуа Мвакиталима**, инженер по электронике и телекоммуникациям, магистрант по информатике и открытым базам данных в Санкт-Петербургском Электротехническом Университете; **Солдатова Юлия**, инженер радиометрист первой категории группы радиационной безопасности ФГУП «Атомфлот»; амбассадоры ядерного образования, **Кульсартова Анна**, менеджер по проектам Научно-технического центра безопасности ядерных технологий; **Фатх Наба Адила**, амбассадор российского ядерного образования, секретарь российской и восточно-европейской секции Индонезийского нефте-газового сообщества; **Саркисьян Ирина**, руководитель проектного офиса, трансфер ядерного образования Технической академии Росатома, **Каммун Нэжва**, профессор физического факультета Тунисского университета и другие эксперты.

Подобные исследования демонстрируют важность мотивировать развитие девушек-студенток в STEM через помощь с трудоустройством, встречи с успешными представителями, популяризацию историй успеха представителей из высокотехнологичных отраслей. На примере ролевых моделей женщин-технологических лидеров, участникам менторинг-сессии были представлены примеры, как рушить сложившиеся стереотипы о девушках в научно-технических профессиях и добиться высоких результатов в профессии.

Высокий интерес более **150** очных участников менторинг-сессии из числа студентов КаЗну им. аль-Фараби и филиала НИЯУ МИФИ продемонстрировал важность продолжения проведения совместных мероприятий на площадке профильных вузов Республики Казахстан и России.

Пресс-служба ЯОК

development of technology and innovation» on November 29, 2023 at the International Monitoring Session «Women in STEM» in Almaty.

Their personal experiences were told by: **Tamara Tazhibayeva**, Associate Professor of UNESCO Chair; **Kenzhina Inesh**, Professor at al-Farabi Kazakh National University, PhD in Nuclear Physics, an expert in training programs and scientific metrics; **Zhakeeva Aizhan**, President of Kazrobotics; **Mercy Joshua Mwakitalima**, Electronics and Telecommunications Engineer, Master's student in Computer Science and Open Databases at St. Petersburg Electrotechnical University; **Soldatova Yulia**, Radiometric Engineer of the first category of the Radiation Safety Group at Atomflot Federal State Unitary Enterprise; nuclear education ambassadors, **Kulsartova Anna**, Project Manager of the Nuclear Technology Safety Center; **Fatah Naba Adila**, Russian Nuclear Education Ambassador, Secretary of the Russian and Eastern European Section of the Indonesian Oil and Gas Community; **Sarkisyan Irina**, Head of the Project Office, Nuclear Education Transfer, Rosatom Technical Academy; **Kammoun Nezhwa**, Professor of the Physics Department, University of Tunisia; and other experts.

Such studies demonstrate the importance of motivating the development of female students in STEM through assistance with employment, meetings with successful representatives, and popularization of success stories of representatives from high-tech industries. Using role models of female technology leaders as examples, the participants of the mentoring session were presented with examples of how to break the stereotypes about girls in science and technology professions and achieve high results in the profession.

The high interest of more than **150** full-time participants of the mentoring session from among the students of Al-Farabi Kazakh National Research University and MEPhI branch demonstrated the importance of continuing joint events at the specialized universities of the Republic of Kazakhstan and Russia.

Press Service of NSK

АҚЫЛМАНДАР САРАБЫ

МОЗГОВОЙ ШТУРМ

BRAIN STORM

БН-350 РЕАКТОРЫНДА СӘУЛЕЛЕНГЕН 08Х16Н11М3 АУСТЕНИТТІ БОЛАТТЫҢ ФАЗАЛЫҚ ҚҰРАМЫНА РАДИАЦИЯДАН КЕЙІНГІ КҮЙДІРУЛЕРДІҢ ӘСЕРІ

А.Ю. Тарапеева, А.В. Коломийцева, Д.А. Мережко, М.С. Мережко
Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан

БН-350 реакторында (Ақтау қ., Қазақстан) жоғары зақымдайтын дозаларға дейін нейтрондармен сәулеленген 08Х16Н11М3 (AISI 316 болатының аналогы) өнеркәсіптік болаттағы ферромагниттік ОЦК фазасының күйдіру кинетикасын зерттеу кезінде α ферриттің күйдіру температурасының диапазоны мартенситке (600-750)°С қарағанда біршама жоғары екені анықталды және сенсибилизация әсерінің көріну температурасына сәйкес келеді, бұл ядролық реакторлардың корпусішілік құрылғыларын қалпына келтіру процесінде қосымша технологиялық қиындықтар тудыруы мүмкін.

КІРІСПЕ

AISI 304 немесе Х18Н10 (12Х18Н10Т, 08Х16Н11М3, AISI 304, AISI 316 және т.б.) типті аустениттік тот баспайтын болаттар өнеркәсіптік ядролық реакторлардың корпусішілік құрылғыларының (КІҚ) құрылымдық материалдары ретінде кеңінен қолданылады [1]. КІҚ тұтастығы мен жұмыс қабілеттілігі реактор қондырғыларының пайдалану ресурсын анықтайды, өйткені оларды реакторға техникалық қызмет көрсету процесінде ауыстыру мүмкін емес [2].

Аустенитті болаттарды қарқынды нейтрондық әсер ету жағдайында пайдалану процесінде материалдың құрылымында радиациялық сипаттағы ақаулар пайда болады [3], химиялық құрамның сегрегациясы [4,5], химиялық элементтердің трансмутациясы [6] көрінеді. Мұның бәрі нейтрондық сәулеленудің сынғыш, радиациялық индукцияланған ісіну, радиациялық ынталандыру сияқты жағымсыз әсерлеріне әкеледі. Жаңа фазалардың пайда болуы, мысалы, карбидтер, хром нитридтері, титан, ниобий; Cr және Fe α-ферритпен байытылған лавес фазаларының δ-, β-, σ-, χ фазалары [7-10]. Аустенит дәндерінің шекараларында феррит бөлшектерінің түзілуі материалдың коррозияға төзімділігінің айтарлықтай төмендеуіне және ықтимал мерзімінен бұрын бұзылуына әкеледі [11,12].

Қазіргі уақытта (400-500)°С температурада ұзақ уақыт күйдіру арқылы ССЭР типті реакторлар корпустарының механикалық сипаттамаларын қалпына келтіруге мүмкіндік беретін технологиялар қолданылады [8,13,14]. Алайда, жоғары сәулеленген метастабильді аустенитті болаттардың барлық қасиеттерін қайтару үшін термиялық өңдеудің бірегей режимі қажет – 1 000°С дейін қыздыру және бірнеше сағат бойы экспозиция, бұл қазіргі уақытта технологиялық тұрғыдан күрделі. Күйдіру процесінде температура градиенттері ішкі кернеу градиенттеріне әкелуі мүмкін. 1 000°С-тан төмен температурада, мысалы, (600-800)°С аралықта ұзақ уақыт күйдіру сенсибилизацияға, демек, дән шекараларында қатты коррозияға әкелуі мүмкін [15].

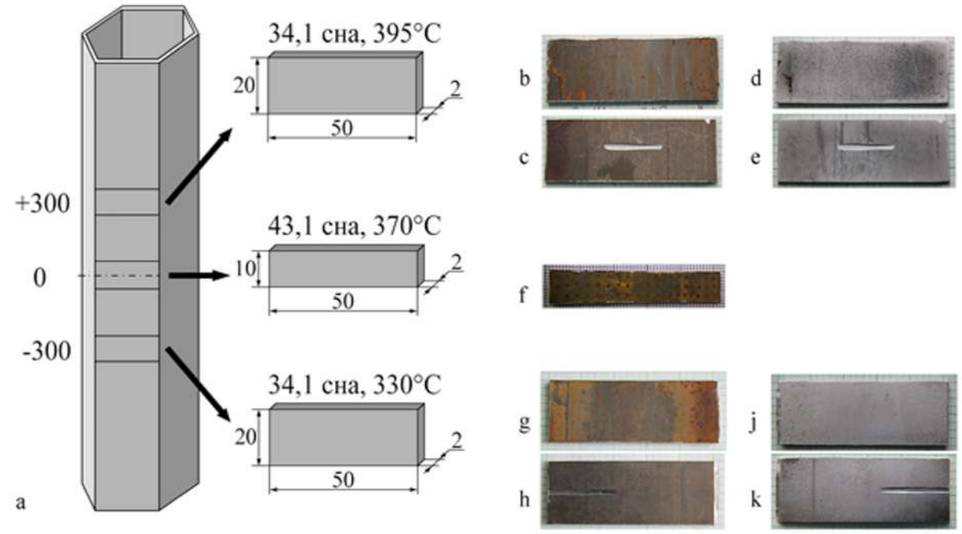
Бұл жұмыста жоғары зақымдайтын дозаларға дейін нейтрондармен сәулеленген 08Х16Н11М3 (AISI 316 болатының аналогы) өнеркәсіптік болаттағы ферриттік α-фазаның күйдіру кинетикасы зерттеледі.

ЗЕРТТЕУ МАТЕРИАЛДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ

08Х16Н11М3 болат үлгілері (химиялық құрамы, салмағы.% : Fe-нег; Cr – 15,5-17; Ni – 8,5-10; Mn – 1,5-2; Si – 0,6-ға дейін; Mo – 1,52; C – 0,08-ге дейін) БН-350, «П-41» жылдам нейтрондардағы реактордың жылу бөлетін жинағының (ЖБЖ) алты қырлы қақпақты құбырынан кесілді, реактордың белсенді аймағында 272 тәулік ішінде пайдаланылды.

Барлығы 3 пластина зерттелді, олар әртүрлі белгілерден -300, 0 және +300 мм биіктікте реактордың өзек орталығына қатысты кесілді (1-сурет), бұл сәулелену параметрлерінің өзгеруіне мүмкіндік берді (1-кесте). Зерттелетін үлгілердің геометриялық өлшемдері: 50 × 20 × 2 мм («-300 мм» және «+300 мм» белгілері) және 50×10×2 мм («0 мм» белгісі). Бастапқы материалдың көзі ретінде персоналды жаттықтыру үшін пайдаланылған және нейтрондық сәулеленуге ұшырамаған БН-350 реакторының имитациялық ЖБЖ алтыбұрышты құбырлары пайдаланылды.

Көрнекі тексеру сұйық натрийдің (қақпақтың ішкі жағы) әсеріне ұшыраған пластиналардың бетінде коррозия, тот ошақтарының болуын көрсетті. Қақпақтың сыртындағы үлгілердің беті қараңғы тақтайшамен жабылған. Электролиттік жылтыратуға дейін және кейін ТВС П-41 корпусының зерттелген үлгілерінің фотосуреттері 1(b-k)-суретте көрсетілген.



1-сурет. Б-41 корпусынан кесілген схемасы (а) және үлгілердің сыртқы түрі (b-k)
Үлгілер: b, c, d, e – «+300 мм»; g, h, j, k – «-300 мм», f – «0 мм». Беті: b, d, f, g, j – ішкі; c, e, h, k – сыртқы. Бетінің күйі: b, c, f, g, h – электролиттік жылтыратуға дейін; d, e, j, k – кейін.

1-кесте. 08Х16Н11М3 болаттан жасалған П-41 корпусының үлгілерін сәулелендіру параметрлері, БН-350 реакторының белсенді аймағында пайдаланғаннан кейін

Үлгі	Доза, сна	Температура, °С	Нейтрондар флюенсі, н/м²	Дозаны қабылдау жылдамдығы, сна/сек
–300 мм	34,1	330	$1{,}1\times10^{27}$	$7{,}3\times10^{-7}$
0 мм	43,1	370	$1{,}4\times10^{27}$	$9{,}2\times10^{-7}$
+300 мм	34,1	395	$1{,}1\times10^{27}$	$7{,}3\times10^{-7}$

Қақпақ құбырларын дайындаушы зауыттың мұрағаттық деректерінен өндіріс процесінде БН-350 реакторының белсенді аймағына қою алдында қақпақ құбырлары механикалық-термиялық өңдеуден өткені белгілі – бір сағат ішінде 800°С температурада босатылатын 20% суық деформация.

Сәулеленбеген материалдың көзі ретінде 08Х16Н11М3Т болаттан жасалған ТВС имитаторының қақпақ құбырынан кесілген үлгілер пайдаланылды. Материал титан (1-1,2)% қосу арқылы сәулеленген болаттан ерекшеленеді және суық илектеуден кейін босатылмайды. Нәтижесінде бастапқы материалдың құрылымы деформацияланған α'-фазасының тіркелген мөлшерінің болуымен және ішкі кернеулердің жоғары деңгейімен сипатталады.

Үлгілерді изохронды күйдіру вакуумда 50°С қадаммен (150-750)°С температура диапазонында 1 Па-дан кем емес орындалды, үлгілерді (10-15) минут қыздырғаннан кейін, температурада ұстау уақыты 30 минут болды. Үлгілерді салқындату бөлме температурасында суда жүргізілді. Күйдіруді бастамас бұрын, үлгілер коррозия өнімдерін кетіру үшін механикалық тегістеуге және электролиттік жылтыратуға ұшырады. Әр күйдіруден кейін электролиттік жылтырату ықтимал патинаны және/немесе жеңіл легирленген элементтердің беткі қабатын кетіру үшін қайталанды. Үлгілердегі ферромагниттік α'-фазасының мөлшері зауыттық стандарттар бойынша алдын ала калибрленген «Feritscope MP-30» феррозондының көмегімен өлшенді. Қорытынды нәтиже (10-15) өлшемдерді орташалау арқылы алынды.

ЭКСПЕРИМЕНТТІК НӘТИЖЕЛЕР

Кері мартенситтік α′ →γ-сәулеленбеген болатқа айналу 08Х16Н11М3Т

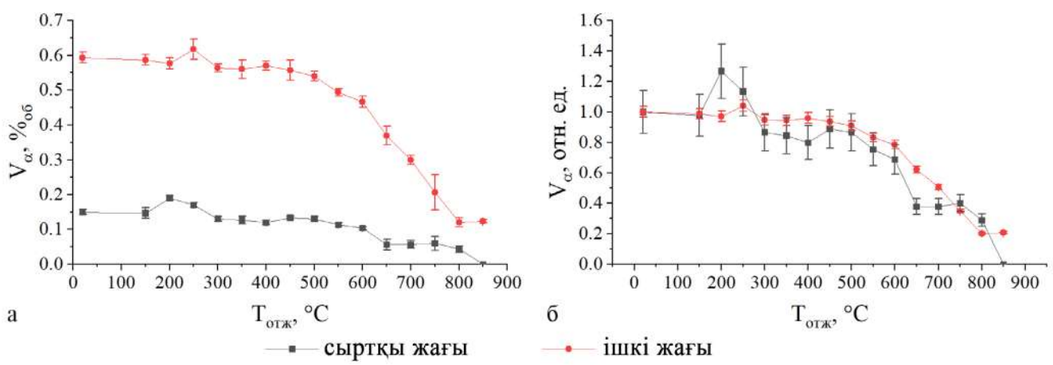
08Х16Н11М3Т сәулеленбеген болаттың қалыңдығы 2 мм (16 × 7 мм) пластиналар түріндегі 2 үлгі зерттелді. FischerMP-30 ферритоскопының көмегімен қақпақ құбырының бетінің ұзындығы бойынша магниттелу салыстырмалы түрде біркелкі бөлінгені, жиекке жақындаған сайын қатты өсетіні анықталды. Бұл жағдайда ішкі магниттелу сыртқы жағынан 2,5 есе жоғары. Механикалық тегістеу, содан кейін химиялық жылтырату магниттелудің айтарлықтай өзгеруіне әкелмеді. Бұл ферромагниттік фазаның бөлшектері материалдың қалыңдығында екенін көрсетеді. Деформацияланған аймаққа (қақпақтың шетіне) жақындаған сайын магниттелудің жоғарылауы оның деформацияланған α’-мартенситке байланысты екенін көрсетеді.

2 және 3-суретте беттің ортасынан және шетіне жақын кесілген үлгіні жасыту температурасының жоғарылауымен магниттелудің өзгеру қисықтары берілген. Күйдіру кезінде температура диапазонында α’-фазасының төмендеуі байқалды (200-350)°С, Ол α’-мартенситтің толық күйіп кетуіне дейінгі кейбір инкубациялық кезеңмен ауыстырылды, ол 500°С температурада басталды, 850°С температураға жеткенде беттің сыртқы жағынан өлшенген магниттелу нөлге дейін, ал ішкі жағынан (0,1-0,2)% болды. Ферромагниттік фазаның салыстырмалы бірліктердегі құрамы да зерттелді (күйдіру басталғанға дейінгі магниттелу мәніне қатысты). 4 (б)-суреттегі қисықтардан ферромагниттік фазаның бастапқы мөлшері жасыту кинетикасына айтарлықтай әсер етпейтінін көруге болады.

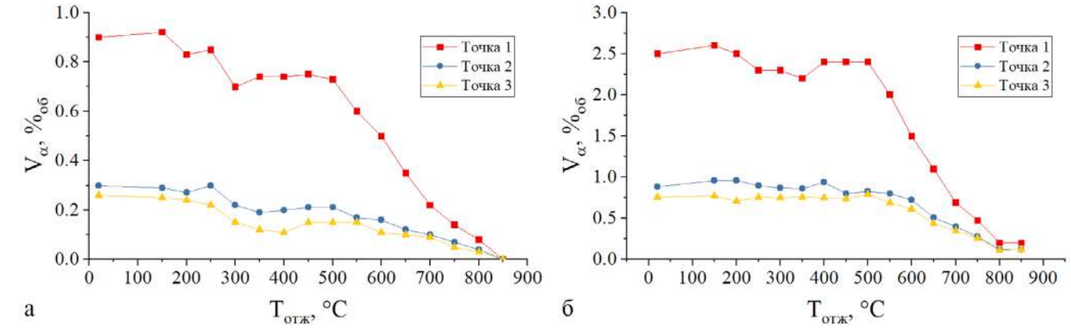
БН-350 реакторында нейтрондармен сәулеленген 08Х16Н11М3 болаттағы ферритті күйдіру

БН-350 реакторының ядросының центріне қатысты әртүрлі белгілерден кесілген үлгілердің магниттелуін өлшеу -300 мм және 0 мм белгілерден кесілген үлгілердегі ферромагниттік фазаның жалпы құрамын көрсетті (сурет. 3 (а,б)) 0,25% аспады. ТВС имитаторының сәулеленбеген корпусының бетінің ортасынан кесілген үлгілерде салыстырылатын фазалық мөлшер тіркелді, бұл магниттелу деформацияланған мартенсит немесе қалдық δ-ферритке байланысты екенін көрсетеді. Сәулелену температурасының 65°С жоғарылауы магниттелудің төрт есе артуына әкелді – (0,2...0,7) -дан (0,8...1,2)%-ға дейін, бұл материалдың құрылымында жаңа фазаның – радиациядан туындаған ферриттің дамуын және оның пайда болуының диффузиялық сипатын көрсетеді.

-300 мм және 0 мм белгілерінен кесілген үлгілердің ферромагниттік фазалық күйдіру қисықтары да ұқсас -500°С-қа дейін айтарлықтай өзгерістердің болмауы және 550°С-та күрт төмендеу (4-сурет). 650°С температураға жеткенде үлгілердің магниттелуі феррозондтың сезімталдығынан аспады. Ұқсас сурет сәулеленбеген үлгілерді күйдіру процесінде байқалды (2-сурет).

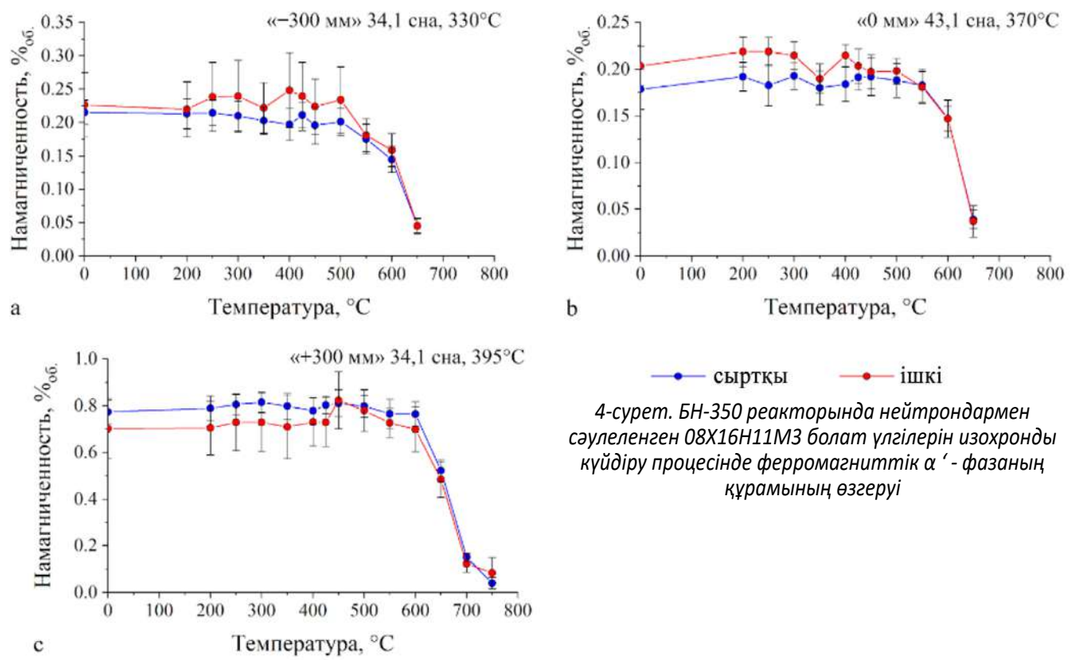


2-сурет. Изохронды күйдіру процесінде (беттің ортасында) 08Х16Н11М3Т болат үлгілеріндегі ферромагниттік α′фазасының (а-көлемдік пайызбен, б-салыстырмалы бірлікпен) құрамының өзгеруі



3-сурет. Беттің сыртқы (а) және ішкі (б) жағынан өлшенген изохронды күйдіру процесінде (жиекке жақын) 08Х16Н11М3Т болат үлгілеріндегі ферромагниттік α′-фазасының (а-көлемдік пайызбен, б – салыстырмалы бірлікпен) құрамының өзгеруі

395°С жоғары температурада сәулеленген үлгіде феррит фазасының күйдірілуі тиісінше 600°С және 750°С жоғары температурада басталып, аяқталды. Берілген температура диапазонында 316 типті болаттарда (мұнда зерттелген 08Х16Н11М3 болат осы түрге жатады) хром атомдарының миграциясы байқалатыны белгілі. Мысалы, деформация процесінде динамикалық деформациялық қартаюдың басталуымен көрінеді, бұл дислокацияны қоспа атомдарының атмосферасымен блоктаудан тұрады [16]. Бұрын [10] жұмысында ВN-350 реакторында 46 ұйқыға дейін сәулеленген 12Х18Н10Т Болатта ферриттің екі түрі бар – таусылған және хроммен байытылған. Осылайша, 395°С температурада сәулеленген 08Х16Н11М3 Болат үлгілеріндегі ферромагниттік фаза феррит деп болжауға болады, оның күйдірілуі, түзілу сияқты, диффузиялық және хром атомдарының диффузиясына байланысты.



4-сурет. БН-350 реакторында нейтрондармен сәулеленген 08Х16Н11М3 болат үлгілерін изохронды күйдіру процесінде ферромагниттік α ′ - фазаның құрамының өзгеруі

ҚОРЫТЫНДЫ

БН-350 реакторында сәулеленбеген және сәулеленген 08Х16Н11М3 болаттың магниттелуіне нейтрондық сәулеленудің әсері зерттелді. ~400°С жоғары температурада нейтронды сәулелену радиациялық индукцияланған феррит түзу арқылы материалдың магниттелуінің жоғарылауына әкелді.

Изохронды күйдіру процесінде аустенитті болаттардың магниттелуінің өзгеруін эксперименттік зерттеу нәтижесінде мыналар алынды: біріншіден, сәулеленбеген 08Х16Н11М3Т болат үлгілеріндегі мартенситті α'-фазасының мөлшері (200-350)°С температура диапазонында төмендейді, содан кейін кейбір инкубациялық кезеңнен кейін 500°С температурада магниттік фазаның толық күйдірілуі басталады; екіншіден, төмен температурада (<400°С) сәулеленген 08Х16Н11М3 болаттың үлгілерінде ферромагниттік фазаны (α-мартенситті) күйдіру 550°С температурада басталып, 650°С температурада аяқталды; үшіншіден, жоғары температурада (~400°С) сәулеленген 08Х16Н11М3 болаттың үлгілерінде ферромагниттік фазаны (α-феррит) күйдіру 600°С температурада басталып, 750°С температурада аяқталды. Бұл температура интервалы 08Х16Н11М3 болаттағы сенсибилизация әсерінің көріну интервалымен жақсы сәйкес келеді, бұл ішкі құрылғыларды қалпына келтіру процесінде қосымша технологиялық қиындықтар тудыруы мүмкін.

Зерттеуді Қазақстан Республикасының энергетика Министрлігі қаржыландырды («Қазақстандық үдеткіш кешендер базасында ядролық және радиациялық физика саласындағы кешенді ғылыми зерттеулерді дамыту» бағдарламасы).

ӘДЕБИЕТ

1. Калин, Б.А. et al. Физическое материаловедение: Учебник для ВУЗов. Том 6. Часть 1. Конструкционные материалы ядерной техники. – Москва: МИФИ, 2008. – 672 p.
2. Kuleshova, E.A. et al. Microstructure degradation of austenitic stainless steels after 45 years of operation as VVER-440 reactor internals // Journal of Nuclear Materials. – 2020. – Vol. 533 – P. 152124.
3. Nordlund, K. et al. Primary radiation damage: A review of current understanding and models // Journal of Nuclear Materials. – 2018. – Vol. 512 – P. 450-479.
4. Etienne, A. et al. Atomic scale investigation of radiation-induced segregation in austenitic stainless steels // Journal of Nuclear Materials. – 2010. – Vol. 406, № 2. – P. 244-250.
5. Nastar, M., Soisson, F. 1.08 - Radiation-Induced Segregation // Comprehensive Nuclear Materials (Second Edition) / eds. R.J.M. Konings, R.E. Stoller. – Oxford: Elsevier, 2020. – P. 235-264.
6. Garner, F.A. 3.02 – Radiation-Induced Damage in Austenitic Structural Steels Used in Nuclear Reactors // Comprehensive Nuclear Materials (Second Edition) / eds. R.J.M. Konings, R.E. Stoller. – Oxford: Elsevier, 2020. – P. 57-168.
7. Garner, F. Irradiation Performance of Cladding and Structural Steels in Liquid Metal Reactors // Materials Science and Technology / eds. R.W. Cahn, P. Haasen, E.J. Kramer. – Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2006. – P. mst0110.
8. Gurovich, B.A. et al. Investigation of high temperature annealing effectiveness for recovery of radiation-induced structural changes and properties of 18Cr–10Ni–Ti austenitic stainless steels // Journal of Nuclear Materials. – 2015. – Vol. 465 – P. 565-581.
9. Merezhko, D.A. et al. Radiation-induced ferrite formation as a potential issue in PWR austenitic internals following plant life extension // 19th International Conference on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems - Water Reactors, EnvDeg 2019. – 2019. – P. 615-624.
10. Merezhko, D.A. et al. Morphology and elemental composition of a new iron-rich ferrite phase in highly irradiated austenitic steel // Scripta Materialia. – 2022. – Vol. 215 – P. 114690.
11. Merezhko, D. et al. The Complexity and Challenges of Irradiation-Induced Phase Instability Phenomenon in Nuclear Power Plant Components // 20th Environmental Degradation ConferenceAt: Snowmass Village, CO. – 2022.
12. Jenssen, A. et al. Characterization of Materials Showing Large Differences in IASCC Response // 20th Environmental Degradation Conference. – Snowmass Village, CO, USA, 2022.
13. Gurovich, B.A. et al. Mechanism of Change In VVER-440, -1000 Vessel Material Properties in Irradiation–Recovery Annealing–Irradiation Cycle // At Energy. – 2018. – Vol. 125, № 2. – P. 95-102.
14. Kuleshova, E.A. et al. Phase and structural transformations in VVER-440 RPV base metal after long-term operation and recovery annealing // Journal of Nuclear Materials. – 2018. – Vol. 501 – P. 261-274.
15. Merezhko, D.A. et al. Investigation of pitting corrosion in sensitized modified high-nitrogen 316LN steel after neutron irradiation // Minerals, Metals and Materials Series. – 2019. – P. 1125-1140.
16. Monteiro, S.N. et al. High Temperature Plastic Instability and Dynamic Strain Aging in the Tensile Behavior of AISI 316 Stainless Steel // Mat. Res. – 2017. – Vol. 20 – P. 506-511.

ВЛИЯНИЕ ПОСТРАДИАЦИОННЫХ ОТЖИГОВ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ 08Х16Н11М3, ОБЛУЧЕННОЙ В РЕАКТОРЕ БН-350

А.Ю. Тарапеева, А.В. Коломийцева, Д.А. Мережко, М.С. Мережко
Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

При исследовании кинетики отжига ферромагнитной ОЦК фазы в промышленной стали 08Х16Н11М3 (аналог стали AISI 316), облученной нейтронами до высоких повреждающих доз в реакторе БН-350 (г. Актау, Казахстан) обнаружено, что диапазон температур отжига α-феррита несколько выше, чем мартенсита (600-750)°С и соответствует температуре проявления эффекта сенсибилизации в данной стали, что может вызвать дополнительные технологические сложности в процессе восстановительного отжига внутрикорпусных устройств ядерных реакторов.

ВВЕДЕНИЕ

Аустенитные нержавеющие стали типа AISI 304 или Х18Н10 (12Х18Н10Т, 08Х16Н11М3, AISI 304, AISI 316 и др.) широко применяются в качестве конструкционных материалов внутрикорпусных устройств (ВКУ) промышленных ядерных реакторов [1]. Целостность и работоспособность ВКУ во многом определяет эксплуатационный ресурс реакторных установок, поскольку они не могут быть заменены в процессе технического обслуживания реактора [2].

В процессе эксплуатации аустенитных сталей в условиях интенсивного нейтронного воздействия в структуре материала возникают дефекты радиационной природы [3], проявляется сегрегация химического состава [4,5], трансмутация химических элементов [6]. Все это приводит к таким негативным эффектам нейтронного облучения, как охрупчивание, радиационно-индуцированное распухание, радиционно-стимулирование образование новых фаз, например, карбидов, нитридов хрома, титана, ниобия; δ-, β-, σ-, χ фаз, фаз Лавеса, обогащенного Cr и Fe α-феррита [7-10]. Образование ферритных частиц по границам аустенитных зерен приводит к значительному снижению коррозионной стойкости материала и, потенциально, преждевременному разрушению [11,12].

В настоящее время применяются технологии, позволяющие с помощью длительного отжига при температуре (400-500)°С восстанавливать механические характеристики корпусов реакторов типа ВВЭР [8,13,14]. Однако, для возврата всех свойств высокооблученных метастабильных аустенитных сталей не-

INFLUENCE OF POST-RADIATION ANNEALING ON THE PHASE COMPOSITION OF 08Cr16NIi1M3 AUSTENITIC STEEL IRRADIATED IN THE BN-350 REACTOR

A.Y. Tarapeeva, A.V. Kolomiytseva, D.A. Merezhko, M.S. Merezhko
Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

Upon investigating of annealing kinetics of ferromagnetic OCC phase in industrial steel 08Cr16Ni11M3 (analog of steel AISI 316) irradiated by neutrons to high damaging doses in reactor BN-350 (Aktau, Kazakhstan) it was found that the range of annealing temperature of α-ferrite is slightly higher than martensite one (600-750)°C and corresponds to the temperature of appearance of sensitization effect in this steel, which may cause additional technological difficulties in the process of reductive annealing of nuclear reactor internals.

INTRODUCTION

Austenitic stainless steels of AISI 304 or Cr18Ni10 type (12Cr18Ni10Ti, 08Cr16Ni11M3, AISI 304, AISI 316, etc.) are widely used as structural materials for internals (ICs) of industrial nuclear reactors [1]. The integrity and operability of IC largely determines the operating life of reactors since they cannot be replaced during its maintenance [2].

During operation of austenitic steels under conditions of intensive neutron exposure, defects of radiation nature appear in the material structure [3], segregation of chemical composition [4,5], transmutation of chemical elements [6] may occur. All this leads to such negative effects of neutron irradiation as embrittlement, radiation-induced swelling, radiation-stimulated formation of new phases, such as carbides, nitrides of chromium, titanium, niobium; δ-, β-, σ-, χ- phases, -Laves phases, Cr-and Fe-rich α-ferrite [7-10]. The formation of ferrite particles at the austenitic grain boundaries leads to a significant decrease in the corrosion resistance of the material and, potentially, to early failure [11,12].

В Nowadays, technologies are used that make it possible to restore the mechanical characteristics of WWR reactor vessels by means of long-term annealing at temperatures of (400-500)°C [8,13,14]. However, to restore all properties of highly irradiated metastable austenitic steels a unique heat treatment regime is required-heating up to 1 000°C and holding for several hours, which is currently technologically difficult. Temperature gradients during an-

обходим уникальный режим термической обработки – нагрев до 1000°С и выдержка в течение нескольких часов, что, в настоящее время, является технологически сложным. Градиенты температур в процессе отжига могут привести к градиентам внутренних напряжений. Длительный отжиг при температуре ниже 1000°С, например, в интервале (600-800)°С, может привести к сенсибилизации и, следовательно, сильной коррозии по границам зерен [15].

В настоящей работе исследуется кинетика отжига ферритной α-фазы в промышленной стали 08Х16Н11М3 (аналог стали AISI 316), облученной нейтронами до высоких повреждающих доз.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Образцы стали 08Х16Н11М3 (химический состав, вес.%: Fe – осн.; Cr – 15,5-17; Ni – 8,5-10; Mn – 1,5-2; Si – до 0,6; Mo – 1,52; C – до 0,08) вырезали из чехловой шестигранной трубы тепловыделяющей сборки (ТВС) реактора на быстрых нейтронах БН-350, «П-41», которая эксплуатировалась в активной зоне реактора в течение 272 суток. Всего было исследовано 3 пластины, вырезанных с разных отметок -300, 0 и +300 мм по высоте относительно центра активной зоны реактора (Рис. 1), что позволило получить вариацию параметров облучения (Табл. 1). Геометрические размеры исследуемых образцов: 50 × 20 × 2 мм (отметки «-300 мм» и «+300 мм») и 50 × 10 × 2 мм (отметка «0 мм»). В качестве источника исходного материала использовали шестигранные трубы имитационных ТВС реактора БН-350, которые использовались для тренировки персонала и не подвергались нейтронному облучению.

Визуальный осмотр показал наличие очагов коррозии, ржавчины на поверхности пластин, которые были подвержены воздействию жидкого натрия (внутренняя сторона чехла). Поверхность образцов с внешней стороны чехла была покрыта темной патиной. Фотографии исследуемых образцов чехла ТВС П-41 до и после электролитической полировки приведены на Рис. 1(b-k).

Табл. 1. Параметры облучения образцов чехла П-41 из стали 08Х16Н11М3Т, после эксплуатации в активной зоне реактора БН-350 / Table. 1. Irradiation parameters of P-41 cover samples made of 08Cr16Ni11M3 steel, after operation in the core of BN-350 reactor

Образец Sample	Доза, сна Dose, dpa	Температура, °С Temperature, °С	Флюенс нейтронов, н/м² Neutron fluence, n/m²	Скорость набора дозы, сна/сек Dose rate, dpa/sec
–300 мм	34,1	330	$1{,}1\times10^{27}$	$7{,}3\times10^{-7}$
0 мм	43,1	370	$1{,}4\times10^{27}$	$9{,}2\times10^{-7}$
+300 мм	34,1	395	$1{,}1\times10^{27}$	$7{,}3\times10^{-7}$

nealing can lead to internal stress gradients. Prolonged annealing at temperatures below 1 000°C, such as in the range (600-800)°C, can lead to sensi-tization and hence severe grain boundary corrosion [15].

The present work investigates the annealing kinetics of the ferritic α-phase in industrial 08Cr16Ni11M3 steel (analog of AISI 316 steel) irradiated by neutrons to high damaging doses.

MATERIALS AND METHODS

Samples of steel 08Cr16Ni11M3 (chemical composition, weight. % : Fe-basic; Cr-15.5-17; Ni-8.5-10; Mn-1.5-2; Si-up to 0.6; Mo-1.52; C-up to 0.08) were cut out from the cover hexagonal tube of the fuel assembly (FA) of the BN-350 fast reactor, «P-41», which was operated in the reactor core for 272 days A total of 3 plates cut from different marks -- 300, 0 and +300 mm in height relative to the center of the reactor core were investigated (Fig.1), which made it possible to obtain the variation of irradiation parameters (Table. 1). Geometric dimensions of the studied samples: 50 × 20 × 2 mm (marks «-300 mm» and «+300 mm») and 50 × 10 × 2 mm (0 marks «0 mm»). Hexagonal tubes of simulated fuel assemblies of the BN-350 reactor, which were used for personnel training and were not exposed to neutron irradiation, were used as a source of initial material.

Visual inspection showed the presence of corrosion areas, rust on the surface of the plates, which were exposed to liquid sodium (inner side of the cover). The surface of the samples on the outer side of the cover was covered with dark patina. The pictures of the investigated samples of P-41 FA cover before and after electrolytic polishing are shown in Fig. 1(b-k).

It is known from the records of the manufacturer of the cover tubes that during the production process before being placed in the core of the BN-350 reactor the cover tubes were subjected to mechanical-thermal treatment-cold deformation of

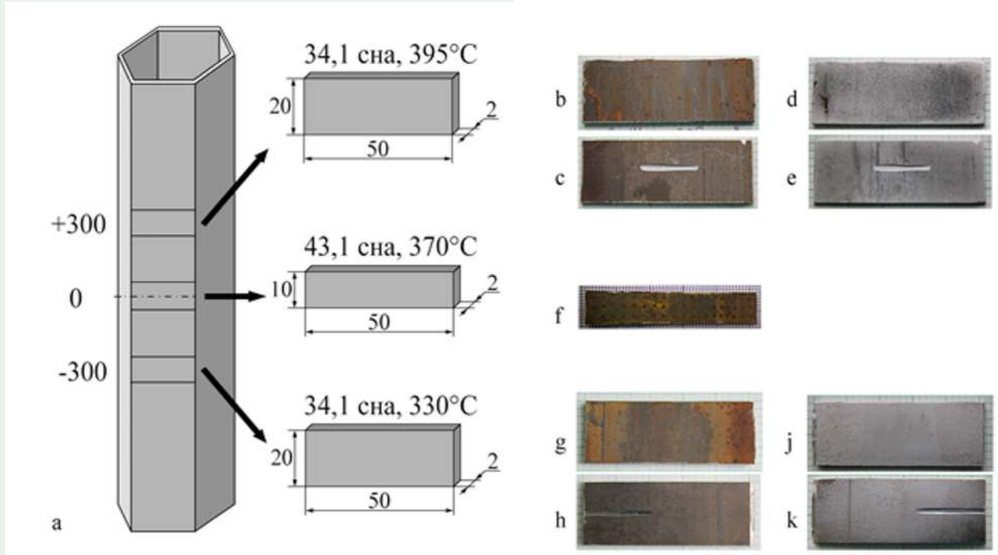


Рис. 1. Схема вырезки (а) и внешний вид образцов (b-k), вырезанных из чехла П-41 / Fig. 1. Cutout scheme (a) and appearance of specimens (b-k), cut from the P-41 sheath
Образцы: b, c, d, e – «+300 мм»; g, h, j, k – «-300 мм», f – «0 мм». Поверхность: b, d, f, g, j – внутренняя; c, e, h, k – внешняя. Состояние поверхности: b, c, f, g, h – до электролитической полировки; d, e, j, k – после
Samples : b, c, d, e – «+300 mm»; g, h, j, k – «-300 mm», f – «0 мм». Surface : b, d, f, g, j – internal; c, e, h, k – external . Surface condition : b, c, f, g, h – before electrolytic polishing ; d, e, j, k – after

Из архивных данных завода-изготовителя чехловых труб известно, что в процессе производства перед постановкой в активную зону реактора БН-350 чехловые трубы были подвергнуты механико-термической обработке – холодная деформация 20% с отпуском при 800°С в течение часа.

В качестве источника необлученного материала использовали образцы, вырезанные из чехловой трубы ТВС-имитатора, выполненного из стали 08Х16Н11М3Т. Материал отличается от облученной стали добавлением титана (1-1,2)% и отсутствием отпуска после холодной прокатки. В результате структура исходного материала характеризуется наличием регистрируемого количества деформационно-индуцированной α'-фазы и высоким уровнем внутренний напряжений.

Изохронные отжиги образцов выполняли в вакууме не хуже 1 Па в диапазоне температур (150-750)°С с шагом 50°С. После нагрева образцов в течении (10-15) минут, время выдержки при температуре составляло 30 минут. Охлаждение образцов проводили в воде комнатной температуры. Перед началом отжига образцы подвергали механической шлифовке и электролитической полировке с целью удаления продуктов коррозии. После каждого отжига электролитическую полировку повторяли для удаления возможной патины и/или обедненного по легким

20% with a tempering at 800°C for one hour.

As a source of unirradiated material, samples cut from the cover tube of the FA simulant made of 08Cr16Ni11M3 steel were used. The material differs from irradiated steel by addition of titanium (1-1,2)% and absence of tempering after cold rolling. As a result, the structure of the initial material is characterized by the presence of a registerable amount of strain-induced α'-phase and a high level of internal stresses.

Isochronous annealing of the samples was carried out in vacuum not less than 1 Pa in the temperature range (150-750)°C with a 50°C step. After heating the samples for (10-15) minutes, the holding time at temperature was 30 minutes. Cooling of the samples was carried out in room temperature water. Before annealing, the samples were mechanically ground and electrolytic polished to remove corrosion products. After each annealing, electrolytic polishing was repeated to remove possible patina and/or light alloying element-depleted surface layer. The amount of ferromagnetic α'-phase in the samples was measured using a Feritscope MP-30 ferro-probe pre-calibrated to factory standards. The result was obtained by averaging (10-15) measurements.

легирующим элементам поверхностного слоя. Количество ферромагнитной α'-фазы в образцах измеряли с помощью феррозонда «Feritscope MP-30», предварительно откалиброванного по заводским эталонам. Итоговый результат получали усреднением (10-15) измерений.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Обратное мартенситное α'→γ-превращение в необлученной стали 08Х16Н11М3Т

Исследовали 2 образца в виде пластин толщиной 2 мм (16×7 мм) необлученной стали 08Х16Н11М3Т. С помощью ферритоскопа FischerMP-30 было выявлено, что намагниченность по длине грани чехловой трубы распределена относительно равномерно, сильно увеличиваясь по мере приближения к ребру. При этом намагниченность внутренней стороны в 2,5 раза выше, чем внешней. Механическая шлифовка с последующей химической полировкой не привели к заметным изменениям намагниченности. Это свидетельствует о том, что частицы ферромагнитной фазы находятся в толще материала. Увеличение намагниченности по мере приближении к более деформированной области (ребру чехла) позволяет предположить, что она обусловлена деформационным α'-мартенситом.

На Рис. 2 и 3 приведены кривые изменения намагниченности с ростом температуры отжига образца, вырезанного из середины грани и вблизи ребра. При отжиге происходило уменьшение α'-фазы в диапазоне температур (200-350)°С, которое сменялось некоторым инкубационными периодом перед полным отжигом α'-мартенсита, который начинался при 500°С. По достижению температуры 850°С намагниченность, измеренная с внешней стороны грани уменьшалась до нуля, а с внутренней – до (0,1-0,2)% об. Исследовали также содержание ферромагнитной фазы в относительных единицах (относительно значения намагниченности до начала отжигов). Из кривых на Рис. 4(б) видно, что первоначальное количество ферромагнитной фазы не влияет значительно на кинетику отжига.

Отжиг феррита в стали 08Х16Н11М3, облученной нейтронами в реакторе БН-350

Измерения намагниченности образцов, вырезанных из разных отметок относительно центра активной зоны реактора БН-350, показало, что общее содержание ферромагнитной фазы в образцах, вырезанных с отметок -300 мм и 0 мм (Рис. 3(а,б)) не превышало 0,25%. Сопоставимое количество α-фазы было зарегистрировано в образцах, вырезанных из середины грани необлученного чехла имитатора ТВС, что позволяет предположить, что намагниченность обусловлена деформационно-индуцированным мартенситом или остаточным δ-ферритом. Увеличение температуры облучения на 65°С привело к 4-кратному увеличению содержания намагниченности – с (0,2…0,7) до (0,8…1,2)% об., что свидетельствует о развитии в структуре материала новой фазы – радиационно-индуцированного феррита и диффузионной природе его возникновения.

EXPERIMENTAL RESULTS

Reverse martensitic α'→γ-transformation in unirradiated 08Cr16Ni11M3 steel

Two samples in the form of 2 mm thick plates (16×7 mm) of unirradiated 08Cr16Ni11M3 steel were investigated. Using a FischerMP-30 ferriteoscope, it was revealed that the magnetization along the length of the edge of the sheath tube is distributed relatively uniformly, increasing strongly as it approaches the edge. Moreover, the magnetization of the inner side is 2.5 times higher than that of the outer side. Mechanical grinding followed by chemical polishing did not result in noticeable changes in magnetization. This indicates that the ferromagnetic phase particles are in the thickness of the material. The increase in magnetization as we approach the more deformed region (the edge of the sheath) suggests that it is due to deformation α'-martensite.

Figs. 2 and 3 show the magnetization change curves with increasing annealing temperature of the sample cut from the middle of the face and near the edge. During annealing, there was a decrease of the α'-phase in the temperature range (200-350)°C, which was replaced by some incubation period before complete annealing of the α'-martensite, which began at 500°C. Upon reaching the temperature of 850°C, the magnetization measured on the outer side of the face decreased to zero and on the inner side to (0.1-0.2)%ob. The ferromagnetic phase content in relative units (relative to the magnetization value before annealing) was also investigated. The curves in Fig. 4(b) show that the initial amount of ferromagnetic phase does not significantly affect the annealing kinetics.

Annealing of ferrite in 08Cr16Ni11M3 steel irradiated by neutrons in BN-350 reactor

Magnetization measurements of the samples cut from different marks in relation to the center of the BN-350 reactor core showed that the total content of the ferromagnetic phase in the samples cut from the marks -300 mm and 0 mm (Fig. 3(a,b)) did not exceed 0.25%. A comparable amount of α-phase was recorded in the samples cut from the middle of the face of the unirradiated FA simulant sheath, suggesting that the magnetization is due to strain-induced martensite or residual δ-ferrite. Increasing the irradiation temperature by 65°C led to a fourfold increase in the magnetization content – from (0.2...0.7) to (0.8...1.2)% vol., which indicates the development of a new phase in the material structure – radiation-induced ferrite and the diffusion nature of its occurrence.

The annealing curves of the ferromagnetic phase of the samples cut from the -300 mm and 0 mm marks are also similar – no significant changes up to 500°C and a sharp decrease at 550°C (Fig. 4). Upon reaching the temperature of 650°C, the magnetization of the samples did not exceed the sensitivity of the ferro probe. A similar pattern was observed during annealing of unirradiated samples (Fig. 2)

In the sample that was irradiated at a higher

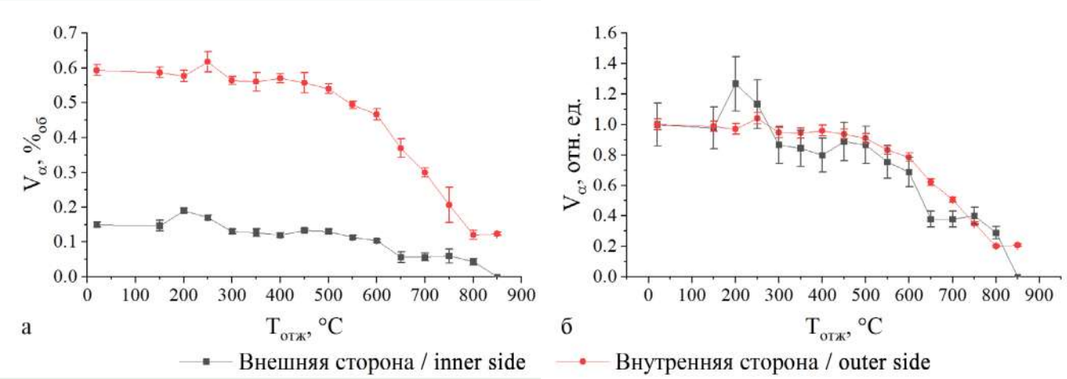


Рис. 2. Изменение содержания ферромагнитной α'-фазы (а – в объемных процентах, б – в относительных единицах) в образцах стали 08Х16Н11М3Т в процессе изохронных отжигов (в середине грани) / Fig. 2. Change of ferromagnetic α'-phase content (a - in volume percent, b - in relative units) in 08Cr16Ni11M3 steel samples during isochronous annealing (in the middle of the face)

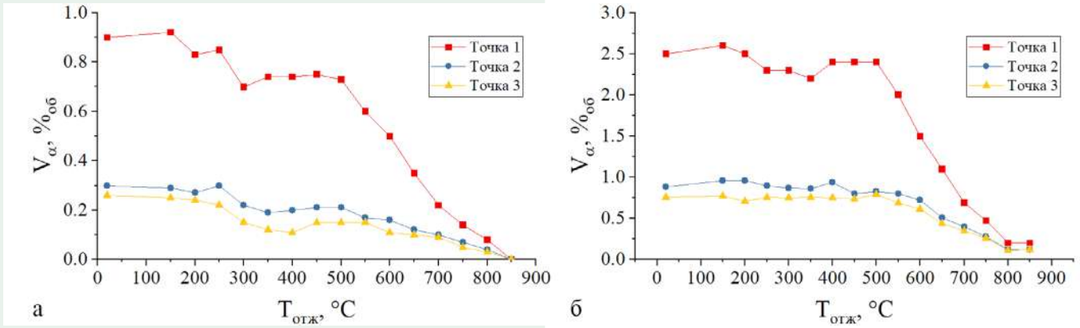


Рис. 3. Изменение содержания ферромагнитной α'-фазы (а – в объемных процентах, б – в относительных единицах) в образцах стали 08Х16Н11М3Т в процессе изохронных отжигов (вблизи ребра), измеренное с внешней (а) и внутренней (б) стороны грани / Fig. 3. Change in the content of ferromagnetic α'-phase (a - in volume percent, b - in relative units) in 08Cr16Ni11M3 steel samples during isochronous annealing (near the edge), measured from the outer (a) and inner (b) sides of the edge

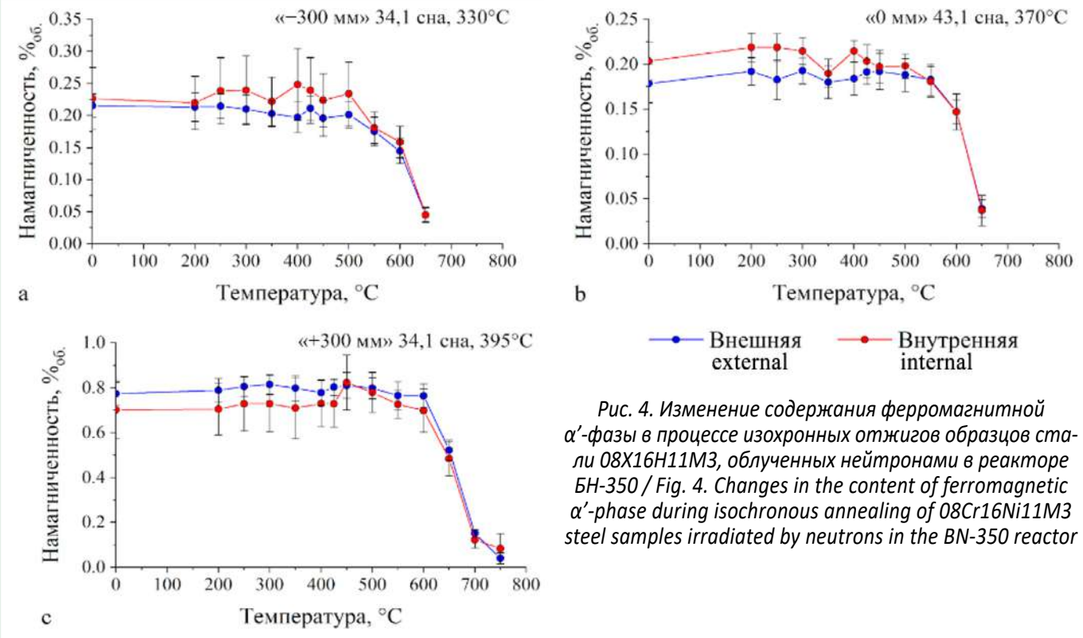


Рис. 4. Изменение содержания ферромагнитной α'-фазы в процессе изохронных отжигов образцов стали 08Х16Н11М3, облученных нейтронами в реакторе БН-350 / Fig. 4. Changes in the content of ferromagnetic α'-phase during isochronous annealing of 08Cr16Ni11M3 steel samples irradiated by neutrons in the BN-350 reactor

Кривые отжига ферромагнитной фазы образцов, вырезанных с отметок -300 мм и 0 мм также похожи – отсутствие значительных изменений до 500°C и резкое снижение при 550°C (Рис. 4). По достижении температуры 650°C намагниченность образцов не превышала чувствительности феррозонда. Схожая картина наблюдалась в процессе отжига необлученных образцов (Рис. 2).

В образце, который облучался при более высокой температуре 395°C, отжиг ферритной фазы начался и закончился при более высоких температурах 600°C и 750°C, соответственно. Известно, что в данном диапазоне температур в сталях типа 316 (исследуемая здесь сталь 08Х16Н11М3 относится к этому типу) наблюдается миграция атомов хрома, которая проявляется, например, инициацией динамического деформационного старения в процессе деформации, которое заключается в блокировке дислокаций атмосферами примесных атомов [16]. Ранее в работе [10] было показано, что в стали 12Х18Н10Т, облученной в реакторе БН-350 до 46 сна наблюдается два типа феррита – обедненного и обогащенного хромом. Таким образом, можно предположить, что ферромагнитная фаза в образцах стали 08Х16Н11М3, облученных при температуре 395°C представляет собой феррит, отжиг которого, как и образование, носит диффузионный характер и обусловлен диффузией атомов хрома.

temperature of 395°C, annealing of the ferrite phase began and ended at higher temperatures of 600°C and 750°C, respectively. It is known that in this temperature range in steels of type 316 (the 08Cr16Ni11M3 steel studied here belongs to this type), migration of chromium atoms is observed, which is shown, for example, by the initiation of dynamic strain aging during deformation, which consists in the blocking of dislocations by atmospheres of impurity atoms [16]. Earlier in [10] it was shown that two types of ferrite – depleted and chromium-enriched – were observed in 12Cr18Ni10T steel irradiated in the BN-350 reactor to 46 dpa. Thus, it can be assumed that the ferromagnetic phase in the samples of 08Cr16Ni11M3 steel irradiated at 395°C is a ferrite, the annealing of which, as well as formation, has a diffusive character and is due to the diffusion of chromium atoms.

CONCLUSION

The influence of neutron irradiation on the magnetization of 08Cr16Ni11M3 steel, unirradiated and irradiated in the BN-350 reactor, has been studied. Neutron irradiation at a high temperature of ~400°C led to an increase in the magnetization of the material due to the formation of radiation-induced ferrite.

As a result of experimental studies of changes in

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучено воздействие нейтронного облучения на намагниченность стали 08Х16Н11М3, необлученной и облученной в реакторе БН-350. Нейтронное облучение при высокой температуре ~400°C привело к увеличению намагниченности материала за счет образования радиационно-индуцированного феррита.

В результате экспериментальных исследований изменений намагниченности аустенитных сталей в процессе изохронных отжигов было получено: во-первых, содержание мартенситной α'-фазы в необлученных образцах стали 08Х16Н11М3Т уменьшается в диапазоне температур (200-350)°C, затем, после некоторого инкубационного периода, при 500°C начинается полный отжиг магнитной фазы; во-вторых, отжиг ферромагнитной фазы (предположительно α-мартенсита) в образцах облученных при низких температурах (<400°C) стали 08Х16Н11М3 начался при 550°C и закончился при 650°C; в-третьих, отжиг ферромагнитной фазы (предположительно α-феррита) в образцах облученных при высокой температуре (~400°C) стали 08Х16Н11М3 начался при 600°C и закончился при 750°C. Данный интервал температур хорошо совпадает с интервалом проявления эффекта сенсибилизации в стали 08Х16Н11М3, что может вызвать дополнительные технологические сложности в процессе восстановительного отжига внутрикорпусных устройств.

Исследование финансировалось Министерством энергетики Республики Казахстан (Программа «Развитие комплексных научных исследований в области ядерной и радиационной физики на базе казахстанских ускорительных комплексов»).

ЛИТЕРАТУРА

1. Калин, Б.А. et al. Физическое материаловедение: Учебник для ВУЗов. Том 6. Часть 1. Конструкционные материалы ядерной техники. – Москва: МИФИ, 2008. – 672 p.
2. Kuleshova, E.A. et al. Microstructure degradation of austenitic stainless steels after 45 years of operation as VVER-440 reactor internals // Journal of Nuclear Materials. – 2020. – Vol. 533 – P. 152124.
3. Nordlund, K. et al. Primary radiation damage: A review of current understanding and models // Journal of Nuclear Materials. – 2018. – Vol. 512 – P. 450-479.
4. Etienne, A. et al. Atomic scale investigation of radiation-induced segregation in austenitic stainless steels // Journal of Nuclear Materials. – 2010. – Vol. 406, № 2. – P. 244-250.

the magnetization of austenitic steels during isochronous annealing, it was obtained: first, the content of martensitic α'-phase in unirradiated samples of 08Cr16Ni11M3 steel decreases in the temperature range (200-350)°C, then, after some incubation period, at 500°C the complete annealing of the magnetic phase begins; second, the annealing of the ferromagnetic phase (presumably α-martensite) in samples irradiated at low temperatures (<400°C) of 08Cr16Ni11M3 steel began at 550°C and ended at 650°C; third, the annealing of the ferromagnetic phase (presumably α-ferrite) in samples irradiated at high temperature (~400°C) of 08Cr16Ni11M3 steel began at 600°C and ended at 750°C. This temperature interval coincides well with the interval of manifestation of sensitization effect in 008Cr16Ni11M3 steel, which may cause additional technological difficulties in the process of reductive annealing of internals.

The research was funded by the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan («Development of Complex Scientific Research in the Field of Nuclear and Radiation Physics on the Basis of Kazakhstan Accelerator Complexes» Program).

REFERENCE

1. Калин, Б.А. et al. Физическое материаловедение: Учебник для ВУЗов. Том 6. Часть 1. Конструкционные материалы ядерной техники. – Москва: МИФИ, 2008. – 672 p.
2. Kuleshova, E.A. et al. Microstructure degradation of austenitic stainless steels after 45 years of operation as VVER-440 reactor internals // Journal of Nuclear Materials. – 2020. – Vol. 533 – P. 152124.
3. Nordlund, K. et al. Primary radiation damage: A review of current understanding and models // Journal of Nuclear Materials. – 2018. – Vol. 512 – P. 450-479.
4. Etienne, A. et al. Atomic scale investigation of radiation-induced segregation in austenitic stainless steels // Journal of Nuclear Materials. – 2010. – Vol. 406, № 2. – P. 244-250.
5. Nastar, M., Soisson, F. 1.08 - Radiation-Induced Segregation // Comprehensive Nuclear Materials (Second Edition) / eds. R.J.M. Konings, R.E. Stoller. – Oxford: Elsevier, 2020. – P. 235-264.
6. Garner, F.A. 3.02 – Radiation-Induced Damage in Austenitic Structural Steels Used in Nuclear Reactors // Comprehensive Nuclear Materials (Second Edition) / eds. R.J.M. Konings, R.E. Stoller. – Oxford: Elsevier, 2020. – P. 57-168.

5. Nastar, M., Soisson, F. 1.08 - Radiation-Induced Segregation // Comprehensive Nuclear Materials (Second Edition) / eds. R.J.M. Konings, R.E. Stoller. – Oxford: Elsevier, 2020. – P. 235-264.
6. Garner, F.A. 3.02 – Radiation-Induced Damage in Austenitic Structural Steels Used in Nuclear Reactors // Comprehensive Nuclear Materials (Second Edition) / eds. R.J.M. Konings, R.E. Stoller. – Oxford: Elsevier, 2020. – P. 57-168.
7. Garner, F. Irradiation Performance of Cladding and Structural Steels in Liquid Metal Reactors // Materials Science and Technology / eds. R.W. Cahn, P. Haasen, E.J. Kramer. – Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2006. – P. mst0110.
8. Gurovich, B.A. et al. Investigation of high temperature annealing effectiveness for recovery of radiation-induced structural changes and properties of 18Cr–10Ni–Ti austenitic stainless steels // Journal of Nuclear Materials. – 2015. – Vol. 465 – P. 565-581.
9. Merezhko, D.A. et al. Radiation-induced ferrite formation as a potential issue in PWR austenitic internals following plant life extension // 19th International Conference on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems - Water Reactors, EnvDeg 2019. – 2019. – P. 615-624.
10. Merezhko, D.A. et al. Morphology and elemental composition of a new iron-rich ferrite phase in highly irradiated austenitic steel // Scripta Materialia. – 2022. – Vol. 215 – P. 114690.
11. Merezhko, D. et al. The Complexity and Challenges of Irradiation-Induced Phase Instability Phenomenon in Nuclear Power Plant Components // 20th Environmental Degradation ConferenceAt: Snowmass Village, CO. – 2022.
12. Jenssen, A. et al. Characterization of Materials Showing Large Differences in IASCC Response // 20th Environmental Degradation Conference. – Snowmass Village, CO, USA, 2022.
13. Gurovich, B.A. et al. Mechanism of Change In VVER-440, -1000 Vessel Material Properties in Irradiation-Recovery Annealing–Irradiation Cycle // At Energy. – 2018. – Vol. 125, № 2. – P. 95-102.
14. Kuleshova, E.A. et al. Phase and structural transformations in VVER-440 RPV base metal after long-term operation and recovery annealing // Journal of Nuclear Materials. – 2018. – Vol. 501 – P. 261-274.
15. Merezhko, D.A. et al. Investigation of pitting corrosion in sensitized modified high-nitrogen 316LN steel after neutron irradiation // Minerals, Metals and Materials Series. – 2019. – P. 1125-1140.
16. Monteiro, S.N. et al. High Temperature Plastic Instability and Dynamic Strain Aging in the Tensile Behavior of AISI 316 Stainless Steel // Mat. Res. – 2017. – Vol. 20 – P. 506-511.

7. Garner, F. Irradiation Performance of Cladding and Structural Steels in Liquid Metal Reactors // Materials Science and Technology / eds. R.W. Cahn, P. Haasen, E.J. Kramer. – Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2006. – P. mst0110.
8. Gurovich, B.A. et al. Investigation of high temperature annealing effectiveness for recovery of radiation-induced structural changes and properties of 18Cr–10Ni–Ti austenitic stainless steels // Journal of Nuclear Materials. – 2015. – Vol. 465 – P. 565-581.
9. Merezhko, D.A. et al. Radiation-induced ferrite formation as a potential issue in PWR austenitic internals following plant life extension // 19th International Conference on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems - Water Reactors, EnvDeg 2019. – 2019. – P. 615-624.
10. Merezhko, D.A. et al. Morphology and elemental composition of a new iron-rich ferrite phase in highly irradiated austenitic steel // Scripta Materialia. – 2022. – Vol. 215 – P. 114690.
11. Merezhko, D. et al. The Complexity and Challenges of Irradiation-Induced Phase Instability Phenomenon in Nuclear Power Plant Components // 20th Environmental Degradation ConferenceAt: Snowmass Village, CO. – 2022.
12. Jenssen, A. et al. Characterization of Materials Showing Large Differences in IASCC Response // 20th Environmental Degradation Conference. – Snowmass Village, CO, USA, 2022.
13. Gurovich, B.A. et al. Mechanism of Change In VVER-440, -1000 Vessel Material Properties in Irradiation–Recovery Annealing–Irradiation Cycle // At Energy. – 2018. – Vol. 125, № 2. – P. 95-102.
14. Kuleshova, E.A. et al. Phase and structural transformations in VVER-440 RPV base metal after long-term operation and recovery annealing // Journal of Nuclear Materials. – 2018. – Vol. 501 – P. 261-274.
15. Merezhko, D.A. et al. Investigation of pitting corrosion in sensitized modified high-nitrogen 316LN steel after neutron irradiation // Minerals, Metals and Materials Series. – 2019. – P. 1125-1140.
16. Monteiro, S.N. et al. High Temperature Plastic Instability and Dynamic Strain Aging in the Tensile Behavior of AISI 316 Stainless Steel // Mat. Res. – 2017. – Vol. 20 – P. 506-511.

$LnScO_3$ НЕГІЗІНДЕГІ ИОНДЫҚ ӨТКІЗГІШТЕРДЕН CO_2 ЖӘНЕ H_2O ТЕРМИЯЛЫҚ ДЕСОРБЦИЯ ПРОЦЕСТЕРІН ЗЕРТТЕУ

И.В. Хромушин, Т.И. Аксенова, Е.К. Слямжанов
Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан

Лантан скандатының құрылымы мен қасиеттеріне оттегі бос орындарын қалыптастыру әдісінің әсері туралы термиялық-десорбциялық зерттеулер жүргізілді. Лантанның қосымша және тапшы скандатынан су мен көмірқышқыл газының шығуының температуралық тәуелділігі алынды. Қосымша керамика катион тапшылығын жасау арқылы синтезделгенге қарағанда протондарды интеркалациялау қабілетінің жоғары болуымен сипатталатыны көрсетілген. V'''_{La} типті ақаулардың жоғары теріс заряды олардың оң зарядталған оттегі бос орындарымен белсенді әрекеттесуіне ықпал етеді және V_0^{**} судыңеру процесіне қатысуын блоктайды деп болжанады.

Түйін сөздер: лантан скандаты, акцепторлық допинг,
катион тапшылығы, оттегі бос орындары,
термиялық десорбциялық спектроскопия.

КІРІСПЕ

Қатты оксидті протон өткізгіштері отын жасушаларының, электролизерлердің, сутегі датчиктерінің және басқа электрохимиялық құрылғылардың қатты электролиттері ретінде пайдалану үшін перспективалы материалдар болып табылады. Қазіргі уақытта белгілі иондық өткізгіштердің арасында $LaScO_3$ лантан скандаттары ерекше қызығушылық тудырады. Бұл материалдар $A^{III}B^{III}O^{II}_3$ перовскит құрылымымен сипатталады және құрамында сутегі бар атмосферада протон өткізгіштігін көрсетеді [1-3]. Сонымен қатар, бұл қосылыстар барий цераты негізіндегі кеңінен танымал протон өткізгіштерімен салыстырғанда көмірқышқыл газына қатысты жоғары тұрақтылыққа ие, өйткені олардың құрамында сілтілі жер элементтері жоқ. Алайда, осы материалдарды практикалық қолдану олардың негізінде электрохимиялық құрылғылардың тиімділігі жеткіліксіз болғандықтан әлі де қиын, сондықтан олардың өткізгіштік қасиеттерін, химиялық және механикалық тұрақтылығын жақсарту мақсатында кешенді зерттеулер жүргізілуде.

Қатты оксидті электролиттерде протон өткізгіштігінің пайда болуының қажетті шарты-акцепторлық допинг арқылы немесе синтез процесінде катиондардың бірінде тапшылық тудыру арқылы түзілуі мүмкін V_0^{**} оттегі бос орындарының болуы.

Акцепторлық легирлеу кезінде «А» немесе «В» позициясындағы үш валентті катионды екі валентті элементпен ішінара ауыстыру жүреді. Бұл жағдайда бір қоспа атомында 0,5 V_0^{**} оттегі бос орындары түзіледі. Алынған үш валентті катионға шаққандағы катион тапшылығын тудыру арқылы оттегінің бос орындары пайда болған жағдайда үш есе көп 1,5 V_0^{**} бос орындар түзіледі.

Ылғалды атмосферада оттегі бос орындары бар материалдарды күйдіру Крегер-Винк нотациясында жазылған квазихимиялық теңдеуге сәйкес судың диссоциативті еруіне және нәтижесінде протон өткізгіштігінің пайда болуына ықпал етеді:

$$H_2O + V_0^{**} + O_0^x = 2OH_0^* \qquad (1)$$

Мұнда V_0^{**} – +2 тиімді оң заряды бар оттегі бос орны,
O_0^x – тор түйініндегі оттегі ионы,
OH_0^* – оттегі түйініндегі *OH*-топ [4-5].

Қосылған үлгілердегі оттегі бос орындарының саны бірдей допинг пен тапшылық деңгейлеріндегі тапшылыққа қарағанда үш есе аз болуы керек болғандықтан, (1) сәйкес екінші жағдайда интеркалирленген протондардың саны көбірек болуы керек.

Бұл жұмыстың мақсаты күрделі оксидтердегі оттегі бос орындарын қалыптастыру тәсілінің лантан скандатының қасиеттеріне әсерін зерттеу болып табылады.

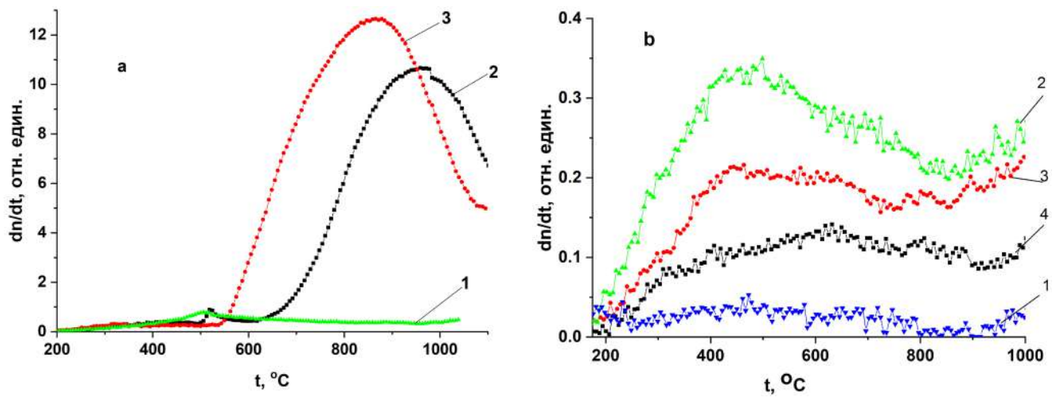
МАТЕРИАЛДАР МЕН ӘДІСТЕР

Лантан скандатының керамикалық үлгілері жану әдісімен синтезделді [6].Скандат торында оттегі бос орындардың пайда болуы катиондық қоспалау арқылы және катион тапшылығын жасау арқылы жүзеге асырылды. 1 кестеде әртүрлі тәсілдермен түзілген оттегі бос орындары бар композициялар көрсетілген.

Кесте 1. Синтезделген керамика

Акцепторлық допинг	Катион тапшылығын тудыру
$La_{0.9}Sr_{0.1}ScO_{2.95}$	$La_{0.9}ScO_{2.85}$
$La_{0.9}Ca_{0.1}ScO_{2.95}$	$La_{0.97}ScO_{2.955}$
$LaScO_3$	$LaScO_3$

Алынған үлгілер Pnma орторомбиялық бұрмалануы бар перовскит құрылымына ие болды. Барлық көрсетілген композициялардың лантан скандатының үлгілері ауада 500°C температурада 7 сағат бойы күйдірілді.



(a) 1 – $LaScO_3$, 2 – $La_{0.9}Ca_{0.1}ScO_{2.95}$, 3 – $La_{0.9}Sr_{0.1}ScO_{2.95}$;

(b) 1 – $LaScO_3$, 2 – $La_{0.97}ScO_{2.955}$, 3 – $La_{0.95}ScO_{2.925}$, 4 – $La_{0.9}ScO_{2.85}$.

1-сурет. Акцепторлық допинг (a) және катион (b) тапшылығын жасау арқылы синтезделген сәулеленбеген лантан скандатының үлгілерінен судың шығуы

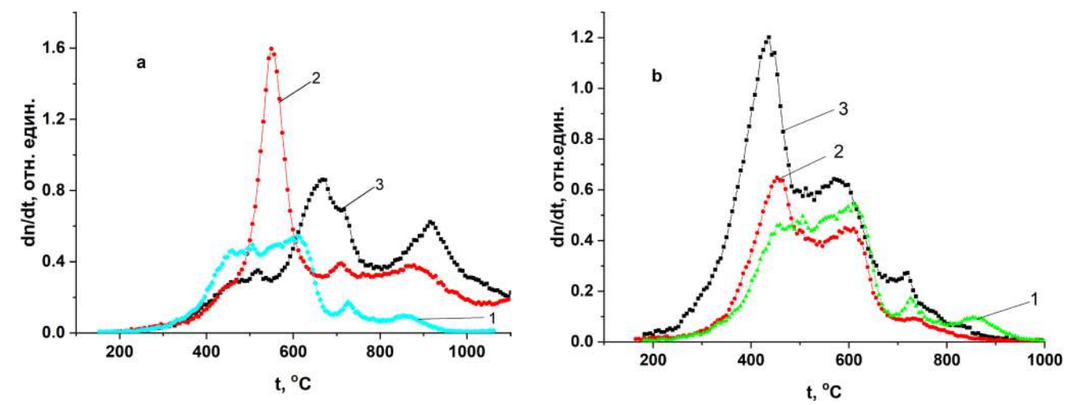
Әртүрлі құрамдағы лантан скандатының құрылымы мен беттік күйі рентгендік фазалық талдау, сканерлеуші электронды және атомдық күшті микроскоп (JEOL JSM-6490 LA микроскоп) арқылы зерттелді. Бетінің элементтік талдауы OxfordInstruments энергетикалық дисперсиялық анализаторы арқылы орындалды.

Термогравиметриялық талдау EXSTAR-6300 термиялық анализаторын пайдаланып, азотты немесе ауаны тазарту арқылы 25°C-тен 1 300°C-қа дейінгі температура диапазонындағы қатты үлгілерде орындалды. Термиялық десорбциялық тәжірибелер қатты денелерден газдың бөліну процестерін зерттеуге арналған қондырғыда келесі шарттарда жүргізілді: үлгіні қыздыру жылдамдығы 42 град/мин, қысым 10^{-5} Па [7]. Судың, оттегінің және көмірқышқыл газының шығуы MX-7304 радиожиілік масс-спектрометрінің көмегімен тіркелді.

НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУ

Сканерлеуші электронды микроскопияға сәйкес, керамиканың беті түйіршікті құрылымның болуымен сипатталды, жетіспейтін үлгілердегі дәндердің мөлшері қосымша үлгілерге қарағанда үлкен болды. Үлгілердің энергия дисперсиясын талдау бетінің элементтік құрамы мәлімделген стехиометрияға жақын екенін көрсетті.

Бұрын айтылғандай, ылғалды атмосферада лантан скандат үлгілерін күйдіру оксид торындағы судың диссоциативті еруіне әкеледі. Термодесорбциялық эксперимент барысында (1) реакция оңнан солға қарай жүреді және еріген судың шығуы байқалады. Десорбцияланған судың мөлшері тек оттегі бос орындарының санына ғана емес, сонымен қатар олардың қалыптасу әдісіне, допант түріне және допинг деңгейіне де байланысты екендігі анықталды. 1-суретте лантан скандатының үлгілерінен судың шығу спектрлері ұсынылған, кальций мен стронций қосылған (a) және жетіспейтін (b). X = 0.1 бірдей болған кезде қосымша үлгілерден алынған судың мөлшері көрінеді (сурет 1a, 2, 3 қисықтары) жетіспейтін керамикаға қарағанда едәуір жоғары (сурет 1b, қисық 4). 1b суреттен көрініп тұрғандай, десорбцияланған судың мөлшері x өсуімен күтілгендей өспейді, бірақ азаяды. Шама-



(a) 1 – $LaScO_3$; 2 – Sr, 3 – Ca (x = 0.1);

(b) 1 – $LaScO_3$, 2 – $La_{0.97}ScO_{2.955}$; 3 – $La_{0.9}ScO_{2.85}$.

2-сурет. Лантан скандатының үлгілерінен CO_2 шығуының термодесорбциялық спектрлері, қосымша (a) және жетіспейтін (b)

сы, бұл жоғары теріс заряды бар V'''_{La} типті ақаулардың пайда болуына байланысты, бұл олардың оң зарядталған V_0^{**} оттегі бос орындарымен белсенді әрекеттесуіне ықпал етеді және соңғысының H_2O еріту процесіне қатысуын блоктайды.

Қатты оксидті электролиттерді зерттеу кезінде олардың көмірқышқыл газына қатысты белсенділігіне ерекше назар аударылады, өйткені соңғысы материалдың тұрақтылығына теріс әсер етеді және оның деградациясын тездетеді [8]. Бұл әсіресе құрамында сілтілі жер элементтері бар керамикалық материалдарға қатысты.

2-суретте лантан скандатының қосымша және жетіспейтін үлгілерінен CO_2 термиялық десорбция спектрлері келтірілген, CO_2 шығу спектрлері күрделі көрініске ие, десорбцияланған көмірқышқыл газының мөлшері қосымша және жетіспейтін керамика үшін шамамен бірдей (сурет 2a,b). Айта кету керек, x тапшылығы дәрежесінің жоғарылауымен үлгіден десорбцияланған CO_2 мөлшері артады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Лантан скандатына негізделген қатты оксидті протонды өткізгіштердің қасиеттеріне оттегі бос орындарын қалыптастыру әдісінің әсері зерттелді.

Интеркалирленген протондардың саны допант катионының түрі мен концентрациясына, Ln тапшылық деңгейіне байланысты екендігі көрсетілген.

Теріс заряды жоғары V'''_{La} типті ақаулардың пайда болуы олардың оң зарядталған V_0^{**} оттегі бос орындарымен белсенді әрекеттесуіне ықпал етеді және соңғысының H_2O еруіне қатысуын блоктайды деп болжануда.

Десорбцияланған CO_2 мөлшері қосымша және тапшы керамика үшін шамамен бірдей екендігі байқалды, CO_2-ге қатысты тапшылық үлгілерінің белсенділігі *x* тапшылығының өсуімен артады.

Зерттеуді Қазақстан Республикасының энергетика Министрлігі қаржыландырды («Қазақстандық үдеткіш кешендер базасында ядролық және радиациялық физика саласындағы кешенді ғылыми зерттеулерді дамыту» бағдарламасы).

ӘДЕБИЕТ

1. Lybye D. and Bonanos N. Proton and Oxide Ion Conductivity of Doped $LaScO_3$ // Solid State Ionics.1999, Vol. 125, P. 339-344.
2. Горелов В.П., Строева А.Ю. Протонные твердые электролиты на основе $LaScO_3$ // Электрохимия. 2012, Т. 48, № 12, С. 1044-1056.
3. Stroeva A.Yu., Gorelov V.P., Antonov B.D. Electrotransfer in the Nonstoichiometric Lanthanum Scandate $LaSc_{1-x}O_{3-\alpha}$ (x = 0-0.1) // Electrochem. 2012, Vol. 48, № 12, P. 1-8.
4. Norby T. Solid-State Protonic Conductors: Principles, Properties, Progress and Prospects // Solid State Ionics. 1999, Vol. 125, P. 1-11.
5. Kreuer K.D. et al. Transport in Proton Conductors for Fuel-Cell Applications: Simulations, Elementary Reactions, and Phenomenology // Chem. Rev. 2004, Vol. 104, P. 4637-4678.
6. Lesnichyova A., Khromushin I., Aksenova T. et al. Water Uptake and Transport Properties of $La_{1-x}Ca_xScO_{3-\alpha}$ Proton-Conducting Oxides // Materials. 2019, Vol. 2219, P. 1-13.
7. Aksenova T.I., Khromushin I.V., Zhotabaev Zh.R., Bukenov K.D., Berdauletov A.K, Medvedeva Z.V. Thermodesorption Study of Barium and Strontium Cerates // Solid State Ionics. 2003, Vol. 162-163, P. 31-36.
8. Zakowsky N., Williamson S., Irvine J.T.S. Elaboration of CO_2 to Lerance Limits of $BaCe_{0.9}Y_{0.1}O_{3-y}$ Electrolytes for Fuel Cells and Other Applications // Solid State Ionics. 2005, Vol. 176, P. 3019-3026.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕРМОДЕСОРБЦИИ CO_2 И H_2O ИЗ ИОННЫХ ПРОВОДНИКОВ НА ОСНОВЕ $LnScO_3$

И.В. Хромушин, Т.И. Аксенова, Е.К. Слямжанов
Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

Выполнены термодесорбционные исследования влияния способа формирования кислородных вакансий на структуру и свойства скандата лантана. Получены температурные зависимости выхода воды и диоксида углерода из допированного и дефицитного скандата лантана. Показано, что допированная керамика характеризуется более высокой способностью интеркалировать протоны, чем синтезированная путем создания дефицита по катиону. Предполагается, что высокий отрицательный заряд дефектов типа V'''_{La} способствует их активному взаимодействию с положительно заряженными кислородными вакансиями и блокирует участие V_0^{**} в процессе растворения воды.

Ключевые слова: скандат лантана, акцепторное допирование, дефицит катиона, кислородные вакансии, термодесорбционная спектроскопия.

ВВЕДЕНИЕ

Твердооксидные протонные проводники являются перспективными материалами для использования в качестве твердых электролитов топливных ячеек, электролизеров, водородных датчиков и других электрохимических устройств. Среди известных в настоящее время ионных проводников особый интерес представляют скандаты лантана $LaScO_3$. Данные материалы характеризуются перовскитной структурой $A^{III}B^{III}O^{II}_3$ и проявляют протонную проводимость в водородосодержащей атмосфере [1-3]. Кроме того, эти соединения обладают более высокой стабильностью по отношению к диоксиду углерода по сравнению с широко известными протонными проводниками на основе церата бария, поскольку не содержат в своем составе щелочноземельные элементы. Однако практическое использование данных материалов пока затруднено из-за недостаточно высокой эффективности электрохимических устройств на их основе, поэтому ведутся комплексные исследования с целью улучшения их проводящих свойств, химической и механической стабильности.

Необходимым условием появления протонной

INVESTIGATION OF CO_2 AND H_2O THERMODESORPTION PROCESS FROM IONIC CONDUCTORS BASED ON $LnScO_3$

I.V. Khromushin, T.I. Aksenova, E.K. Slyamzhanov
Institute of nuclear physics, Almaty, Kazakhstan

Thermodesorption studies (TDS) of the influence of the oxygen vacancies formation method on the structure and properties of lanthanum scandate have been performed. Temperature dependences of water and carbon dioxide yield from doped and undoped lanthanum scandate were obtained. It is shown that doped ceramics are characterized by a higher ability to intercalate protons than those synthesized by the formation of cation deficiency. It is assumed that the high negative charge of V'''_{La}-type defects favors their active interaction with positively charged oxygen vacancies and blocks contribution of V_0^{**} in the process of water dissolution.

Keywords: lanthanum scandate, acceptor doping, cation deficiency, oxygen vacancies, thermodesorption spectroscopy.

INTRODUCTION

Solid oxide proton conductors are promising materials for use as solid electrolytes of fuel cells, electrolysers, hydrogen sensors, and other electrochemical devices. Among the currently known ionic conductors, lanthanum $LaScO_3$ lanthanum scandates are of particular interest. These materials are characterized by the perovskite structure of $A^{III}B^{III}O^{II}_3$ and exhibit proton conductivity in hydrogen-containing atmosphere [1-3]. In addition, these compounds have a higher stability in relation to carbon dioxide compared to the well-known proton conductors based on barium cerate, because they do not contain alkaline earth elements. However, the practical use of these materials is still difficult due to insufficiently high efficiency of electrochemical devices based on them, so comprehensive research is being conducted to improve their conductive properties, chemical and mechanical stability.

A necessary condition for the appearance of proton conductivity in solid oxide electrolytes is the presence of oxygen vacancies V_0^{**} ,which can be formed by acceptor doping, or by creating a de-

проводимости в твердооксидных электролитах является наличие кислородных вакансий V_0^{**}, которые могут быть сформированы путем акцепторного допирования, либо путем создания дефицита по одному из катионов в процессе синтеза.

В случае акцепторного допирования имеет место частичное замещение трехвалентного катиона в позиции «А» или «В» на двухвалентный элемент. При этом на один атом допанта образуется $0{,}5V_0^{**}$ кислородных вакансий. В случае формирования кислородных вакансий посредством создания дефицита по катиону на один удаленный трехвалентный образуется в три раза больше вакансий $1{,}5V_0^{**}$.

Отжиг материалов с кислородными вакансиями во влажной атмосфере способствует диссоциативному растворению воды согласно квазихимическому уравнению, записанному в нотации Крегера-Винка и, как следствие, появлению протонной проводимости:

$$H_2O + V_0^{**} + O_0^x = 2OH_0^* \qquad (1)$$

Здесь V_0^{**} – кислородная вакансия с эффективным положительным зарядом +2,
O_0^x – ион кислорода в узле решетки,
OH_0^* – OH-группа в кислородном узле [4-5].

Поскольку количество кислородных вакансий в допированных образцах должно быть в три раза меньше чем в дефицитных при одинаковых уровнях допирования и дефицита, то согласно (1) во втором случае количество интеркалированных протонов должно быть больше.

Целью настоящей работы являются исследования влияния способа формирования кислородных вакансий в сложных оксидах на свойства скандата лантана.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Керамические образцы скандата лантана были синтезированы методом сжигания [6].Формирование кислородных вакансий в решетке скандата осуществляли посредством катионного допирования и путем создания дефицита по катиону. В Табл. 1 представлены составы, содержащие кислородные вакансии, сформированные разными способами.

Полученные образцы имели структуру перовскита с орторомбическим искажением Pnma. Образцы скандата лантана всех указанных составов отжигали на воздухе при температуре 500°C в течение 7 часов.

Структура и состояние поверхности скандата лантана разного состава были исследованы методами рентгенофазового анализа, сканирующей электронной и атомно-силовой микроскопии (микроскоп JEOL JSM-6490 LA). Элементный анализ поверхности выполнен с использованием энергодисперсионного анализатора OxfordInstruments.

Термогравиметрический анализ выполнен на термоанализаторе EXSTAR-6300 на твердых образцах в диапазоне температур от 25°C до 1 300°C с продувкой азотом или воздухом. Термодесорбционные эксперименты проведены на установке для исследования процессов газовыделения из твердых тел при следующих условиях: скорость нагрева образца 42 град/мин, давление 10^{-5} Па [7]. Выход воды, кислорода и диоксида углерода регистрировали с использованием радиочастотного масс-спектрометра MX-7304.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По данным сканирующей электронной микроскопии поверхность керамики характеризовалась наличием зернистой структуры, причем размер зерен на дефицитных образцах был больше, чем на допированных. Энергодисперсионный анализ образцов показал, что элементный состав поверхности близок к заявленной стехиометрии.

Как было отмечено ранее, отжиг образцов скандата лантана во влажной атмосфере приводит к диссоциативному растворению воды в решетке оксида. В ходе термодесорбционного эксперимента реакция (1) идет справа налево и наблюдается выход растворенной воды. Установлено, что количество десорбированной воды зависит не только от количества кислородных вакансий, но и от способа их формирования, типа допанта и уровня допирования. На Рис. 1 представлены спектры выхода воды из образцов скандата лантана, допированных кальцием и стронцием (a) и дефицитных (b). Видно, что при одинаковом x = 0.1 количество воды, десорбированной из допированных образцов (Рис. 1a, кривые 2, 3) существенно выше, чем из дефицитной керамики (Рис. 1b, кривая 4). Как видно из Рис. 1b, количество десорбированной воды не растет с ростом x, как ожидалось, а уменьшается. По-видимому, это обусловлено образованием дефектов типа V'''_{La} с высоким отрицательным зарядом, что способствует их активному взаимодействию с положительно заряженными кислородными вакансиями V_0^{**} и блокирует участие последних в процессе растворении H_2O.

ficit on one of the cations in the process of synthesis.

In the case of acceptor doping, a partial substitution of the trivalent cation in position «A» or «B» for a divalent element takes place. In this case, $0{,}5V_0^{**}$oxygen vacancies are formed per one dopant atom. In the case of formation of oxygen vacancies by creating a deficiency in cation per one removed trivalent cation, three times as many $1{,}5V_0^{**}$ vacancies are formed.

Annealing of materials with oxygen vacancies in a humid atmosphere promotes dissociative dissolution of water according to the quasi-chemical equation given in the Kreger-Wink notation and, as a consequence, the appearance of proton conductivity:

Where V_0^{**} – oxygen vacancy with +2 effective positive charge,
O_0^x – oxygen ion in the lattice node,
OH_0^* – OH- group in the oxygen unit [4-5].

Since the number of oxygen vacancies in doped samples should be three times smaller than in deficient ones at the same doping and deficiency levels, according to (1) the number of intercalated protons should be larger in the second case.

The purpose of the present work is to investigate the influence of the method of formation of oxygen vacancies in complex oxides on the properties of lanthanum scandate.

MATERIALS AND METHODS

Ceramic samples of lanthanum scandate were synthesized by the combustion method [6]. The formation of oxygen vacancies in the scandate lattice was carried out by cation doping and by creating a cation deficiency. Table 1 shows the compositions containing oxygen vacancies formed by different methods.

The obtained samples had the structure of perovskite with orthorhombic distortion Pnma. Samples of lanthanum scandate of all indicated compositions were annealed in air at 500°C for 7 h.

The structure and surface state of lanthanum scandate of different compositions were investigated by X-ray phase analysis, scanning electron and atomic force microscopy (JEOL JSM-6490 LA microscope). Elemental analysis of the surface was carried out using an energy dispersive analyser OxfordInstruments.

TG analysis was performed on the EXSTAR-6300 thermoanalyser on solid samples in the temperature range from 25°C to 1 300°C with nitrogen or air purging. TDS experiments were conducted on a installation for the study of outgassing processes from solids under the following conditions: sample heating rate 42 deg/min, pressure 10^{-5} Pa [7]. The yields of water, oxygen and carbon dioxide were recorded using a radio-frequency mass spectrometer MX-7304.

Табл. 1. Синтезированная керамика / Table. 1. Synthesized ceramics

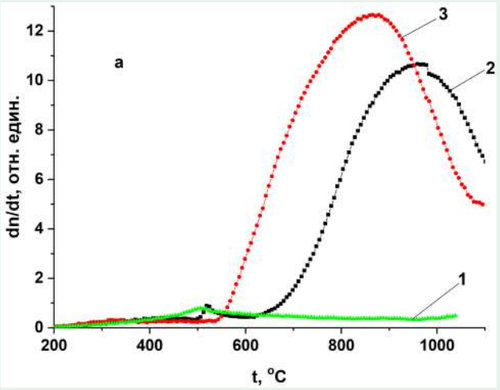
Акцепторное допирование / Acceptor doping	Создание дефицита по катиону / Creating a cation deficit
$La_{0.9}Sr_{0.1}ScO_{2.95}$	$La_{0.9}ScO_{2.85}$
$La_{0.9}Ca_{0.1}ScO_{2.95}$	$La_{0.97}ScO_{2.955}$
$LaScO_3$	$LaScO_3$

RESULTS AND DISCUSSION

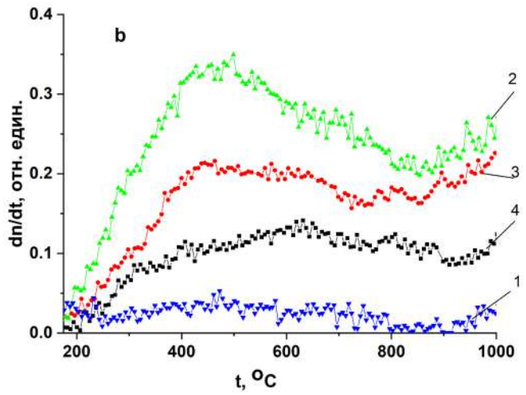
According to scanning electron microscopy data, the surface of the ceramics was characterized by the presence of a granular structure, and the grain size on the deficient samples was larger than on the doped ones. Energy dispersive analysis of the samples showed that the elemental composition of the surface is close to the reported stoichiometry.

As noted earlier, annealing of lanthanum scandate samples in a humid atmosphere leads to dissociative dissolution of water in the oxide lattice. In the TDS experiment, reaction (1) proceeds from right to left and the yield of dissolved water is observed. It is found that the amount of desorbed water depends not only on the number of oxygen vacancies, but also on the way of their formation, the type of dopant and the level of doping. Fig. 1 shows the water yield spectra of lanthanum scandate samples doped with calcium and strontium (a) and deficient (b). It can be seen that at the same x = 0.1 the amount of water desorbed from the doped samples (Fig. 1a, curves 2, 3) is significantly higher than from the deficient ceramics (Fig. 1b, curve 4). As can be seen from Figure 1b, the amount of desorbed water does not increase as x increases, as expected, but decreases. Apparently, this is due to the formation of defects of V'''_{La}-type with high negative charge, which favors their active interaction with positively charged oxygen vacancies V_0^{**} and blocks the participation of the latter in the H_2O dissolution process.

Special attention in the study of solid oxide electrolytes is paid to their activity with respect to carbon dioxide since the latter negatively affects the stability of the material and accelerates its degradation [8]. This is especially relevant to ceramic



(a) 1 – $LaScO_3$, 2 – $La_{0.9}Ca_{0.1}ScO_{2.95}$, 3 – $La_{0.9}Sr_{0.1}ScO_{2.95}$;

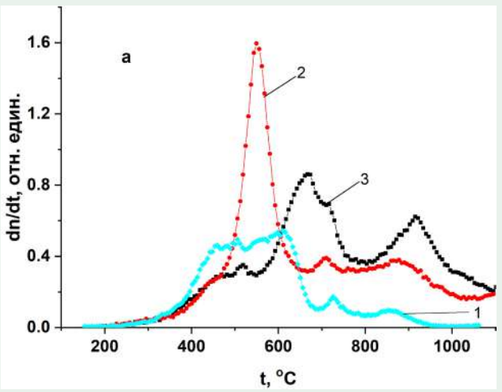


(b) 1 – $LaScO_3$, 2 – $La_{0.97}ScO_{2.955}$, 3 – $La_{0.95}ScO_{2.925}$, 4 – $La_{0.9}ScO_{2.85}$.

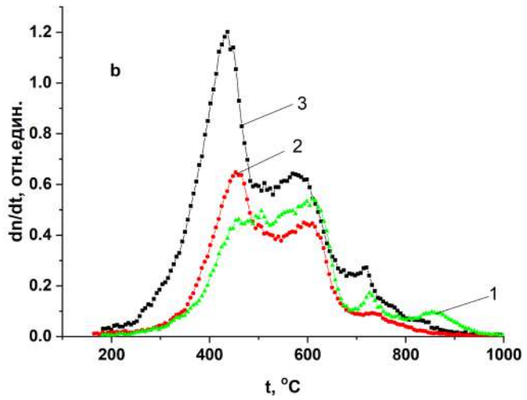
Рис. 1. Выход воды из образцов необлученного скандата лантана, синтезированного путем акцепторного допирования (а) и посредством создания дефицита по катиону(b) / Figure 1. Water yield from samples of non-irradiated lanthanum scandate synthesized by acceptor doping (a) and by creating a cation deficiency (b)

Особое внимание при исследовании твердооксидных электролитов уделяется их активности в отношении диоксида углерода, поскольку последний отрицательно влияет на стабильность материала и ускоряет его деградацию [8]. Особенно это касается керамических материалов, содержащих в своем составе щелочноземельные элементы.

На Рис. 2 приведены спектры термодесорбции CO_2 из допированных и дефицитных образцов скандата лантана. Видно, что спектры выхода CO_2 имеют



(a) 1 – $LaScO_3$; 2 – Sr, 3 – Ca (x = 0.1);



(b) 1 – $LaScO_3$, 2 – $La_{0.97}ScO_{2.955}$; 3 – $La_{0.9}ScO_{2.85}$.

Рис. 2. Термодесорбционные спектры выхода CO_2 из образцов скандата лантана, допированного (а) и дефицитного (b) / Fig. 2. TDS spectra of CO_2 yield from lanthanum scandate doped (a) and deficient (b) samples

сложный вид, причем количество десорбированного диоксида углерода примерно одинаково как для допированной, так и для дефицитной керамики (Рис. 2a,b). Следует отметить, что с ростом степени дефицита x количество CO_2, десорбированного из образца, увеличивается.

materials containing alkaline earth elements in their composition.

Figure 2 shows the TDS spectra of CO_2 from doped and deficient lanthanum scandate samples. It can be seen that the CO_2 yield spectra have a complex appearance, with the amount of desorbed carbon dioxide being approximately the same, for both doped and deficient ceramics (Figure 2a,b). It should be noted that as the degree of x deficiency increases, the amount of CO_2 desorbed from the sample increases.

CONCLUSION

The influence of the oxygen vacancies formation method on the properties of solid oxide proton conductors based on lanthanum scandate has been studied.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследовано влияние способа формирования кислородных вакансий на свойства твердооксидных протонных проводников на основе скандата лантана.

Показано, что количество интеркалированных протонов зависит от типа и концентрации катиона допанта, уровня дефицита по Ln.

Предполагается, что образование дефектов типа V'''_{La} с высоким отрицательным зарядом способствует их активному взаимодействию с положительно заряженными кислородными вакансиями V_0^{**} и блокирует участие последних в растворении H_2O.

Замечено, что количество десорбированного CO_2 примерно одинаково как для допированной, так и для дефицитной керамики, причем активность дефицитных образцов по отношению к CO_2 увеличивается с ростом дефицита x.

Исследование финансировалось Министерством энергетики Республики Казахстан (Программа «Развитие комплексных научных исследований в области ядерной и радиационной физики на базе казахстанских ускорительных комплексов»).

ЛИТЕРАТУРА

1. Lybye D. and Bonanos N. Proton and Oxide Ion Conductivity of Doped $LaScO_3$ // Solid State Ionics. 1999, Vol. 125, P. 339-344.
2. Горелов В.П., Строева А.Ю. Протонные твердые электролиты на основе $LaScO_3$ // Электрохимия. 2012,Т. 48, № 12, С. 1044-1056.
3. Stroeva A.Yu., Gorelov V.P., Antonov B.D. Electrotransfer in the Nonstoichiometric Lanthanum Scandate $LaSc_{1-x}O_{3-\alpha}$ (x = 0-0.1) // Electrochem. 2012, Vol. 48, № 12, P. 1-8.
4. Norby T. Solid-State Protonic Conductors: Principles, Properties, Progress and Prospects // Solid State Ionics. 1999, Vol. 125, P. 1-11.
5. Kreuer K.D. et al. Transport in Proton Conductors for Fuel-Cell Applications: Simulations, Elementary Reactions, and Phenomenology // Chem. Rev. 2004, Vol. 104, P. 4637-4678.
6. Lesnichyova A., Khromushin I., Aksenova T. et al. Water Uptake and Transport Properties of $La_{1-x}Ca_xScO_{3-\alpha}$ Proton-Conducting Oxides // Materials. 2019, Vol. 2219, P. 1-13.
7. Aksenova T.I., Khromushin I.V., Zhotabaev Zh.R., Bukenov K.D., Berdauletov A.K, Medvedeva Z.V. Thermodesorption Study of Barium and Strontium Cerates // Solid State Ionics. 2003, Vol. 162-163, P. 31-36.
8. Zakowsky N., Williamson S., Irvine J.T.S. Elaboration of CO_2 to Lerance Limits of $BaCe_{0.9}Y_{0.1}O_{3-y}$ Electrolytes for Fuel Cells and Other Applications // Solid State Ionics. 2005, Vol. 176, P. 3019-3026.

It is shown that the number of intercalated protons depends on the type and concentration of the dopant cation and the level of Ln deficiency.

It is assumed that the formation of defects of V'''_{La}-type with high negative charge favors their active interaction with positively charged V_0^{**} oxygen vacancies and blocks the participation of the latter in H_2O dissolution.

It is noticed that the amount of desorbed CO_2 is approximately the same for both doped and deficient ceramics, and the activity of deficient samples towards CO_2 increases with increasing deficiency x.

The research was funded by the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan («Development of Complex Scientific Research in the Field of Nuclear and Radiation Physics on the Basis of Kazakhstan Accelerator Complexes» Program).

REFERENCE

1. Lybye D. and Bonanos N. Proton and Oxide Ion Conductivity of Doped $LaScO_3$ // Solid State Ionics. 1999, Vol. 125, P. 339-344.
2. Горелов В.П., Строева А.Ю. Протонные твердые электролиты на основе $LaScO_3$ // Электрохимия. 2012,Т. 48, № 12, С. 1044-1056.
3. Stroeva A.Yu., Gorelov V.P., Antonov B.D. Electrotransfer in the Nonstoichiometric Lanthanum Scandate $LaSc_{1-x}O_{3-\alpha}$ (x = 0-0.1) // Electrochem. 2012, Vol. 48, № 12, P. 1-8.
4. Norby T. Solid-State Protonic Conductors: Principles, Properties, Progress and Prospects // Solid State Ionics. 1999, Vol. 125, P. 1-11.
5. Kreuer K.D. et al. Transport in Proton Conductors for Fuel-Cell Applications: Simulations, Elementary Reactions, and Phenomenology // Chem. Rev. 2004, Vol. 104, P. 4637-4678.
6. Lesnichyova A., Khromushin I., Aksenova T. et al. Water Uptake and Transport Properties of $La_{1-x}Ca_xScO_{3-\alpha}$ Proton-Conducting Oxides // Materials. 2019, Vol. 2219, P. 1-13.
7. Aksenova T.I., Khromushin I.V., Zhotabaev Zh.R., Bukenov K.D., Berdauletov A.K, Medvedeva Z.V. Thermodesorption Study of Barium and Strontium Cerates // Solid State Ionics. 2003, Vol. 162-163, P. 31-36.
8. Zakowsky N., Williamson S., Irvine J.T.S. Elaboration of CO_2 to Lerance Limits of $BaCe_{0.9}Y_{0.1}O_{3-y}$ Electrolytes for Fuel Cells and Other Applications // Solid State Ionics. 2005, Vol. 176, P. 3019-3026.

МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ЖЕРГІЛІКТІ БЕТІНЕ ЖАҚЫН ҚАБАТТАРЫНЫҢ КОНВЕРСИЯЛЫҚ ЭЛЕКТРОНДЫ МЕССБАУЭР СПЕКТРОСКОПИЯСЫ

М.Ф. Верещак, И.А. Манакова, Ж.К. Тлеубергенов
Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан

Сканерлеуші конверсиялық электронды мессбауэр спектроскопиясының әдісі ұсынылды, ол конверсиялық электронды детектордағы анод ине түрінде жасалады. Зерттелетін материалдардың жергілікті беткі қабаттарының құрылымдық-фазалық жағдайы туралы ақпарат ала отырып, үлгінің бетін сканерлеу мүмкіндігі көрсетілген. Спектрометрдің ажыратымдылық қабілетінің бірқатар факторларға тәуелділігі анықталды: иненің соңғы бөлігінің диаметрі (~ 20 мкм), анод пен катод арасындағы алшақтық (~ 2 мм), электродтар арасындағы потенциал (~ 1 000 В).

Түйін сөздер: мессбауэр спектроскопиясы, мессбауэр спектрометрі, конверсиялық электрондар, детекторлар.

КІРІСПЕ

Мессбауэр эффектісі деп аталатын гамма-резонансты сіңіру және кері қайтарылмайтын ядро арқылы гамма-кванттарды шығару құбылысы 1958 жылы ашылды. Өткен кезеңде ядролық гамма-резонанстық спектроскопияның әдістемелік базасын құруда және жетілдіруде үлкен жетістіктерге қол жеткізілді [1-4], өйткені қазіргі уақытта мессбауэр спектроскопиясы физика мен химияның, геология мен минералогияның, биология мен медицинаның, космологияның және индустрияның әртүрлі салаларында кеңінен қолданылуда [5-11].

Резонанстық қозған ядроның ыдырауы екі арна арқылы жүруі мүмкін екені белгілі: резонанстық гамма-кванттың қайта шығарылуы және ішкі конверсия процесі, конверсиялық және оже-электрондармен қатар сипаттамалық рентген сәулелері де шығарылады. Осылайша, ^{57}Fe ядроларымен гамма-кванттардың резонанстық жұтылуын бақылаудың төрт әдісін енгізу мүмкіндігі бар. Осы әдістемелік тәсілдердің барлығының артықшылықтары мен кемшіліктері бар және нақты міндеттерге сүйене отырып қолданылады [10].

Жұтылу геометриясындағы (MS) трансмиссиялық мессбауэр спектроскопиясы зерттеу объектісі ^{57}Fe мессбауэр изотопы бар раковина болған жағдайда қолданылады және ^{57}Co текше сингониясы бар парамагниттік матрицада гамма-сәулелену көзі ретінде пайдаланылады [11,12].

Мессбауэр спектроскопиясы екі жағдайда қолданылады: біріншіден, мессбауэр изотопы жоқ үлгі зерттеледі – гамма-кванттардың көзі мұнда зерттелетін үлгіге енгізілген радиоактивті препарат болып табылады [13]; екіншіден, мессбауэр радионуклидінің ^{57}Co түзілуіне әкелетін сәулеленуге ұшыраған үлгі зерттеледі. Соңғы жағдайда У-150м изохронды циклотронын пайдалана отырып, Қазақстан Республикасының Ядролық физика институтында (ҚР ЯФИ) іске асырылған бастапқы жойылған атомдарды (БЖА) және олардың соңғы күйлерін селективті тіркеу әдістемесі қолданылады [14,15]. Бұл әдіс үлгінің шағын жергілікті аймақтарын таңдамалы түрде зондтауға, ядролық гамма-резонанстық спектроскопияның радиациялық әсерлерге сезімталдығын едәуір арттыруға және БЖА тежеу аймағындағы материалдың құрылымын зерттеуге мүмкіндік береді [14].

Алайда, бірқатар мәселелерді шешу үшін резонанстық шашырау әдісі қайтарымсыз және осы процеске ілеспе қайталама сәулеленусіз ең қолайлы болуы мүмкін. Бұл, ең алдымен, массивтік үлгілер мен жұқа пленкалардың беткі қабаттарын зерттеуге қатысты.

Ішкі конверсия процесі К-электрондарда жүруі ықтимал. Темір сіңіргіш жағдайында электрондардың энергиясы 7.3 кэВ құрайды, бұл тиімді қабаттың қалыңдығына шамамен 100 нм сәйкес келеді [16-19].

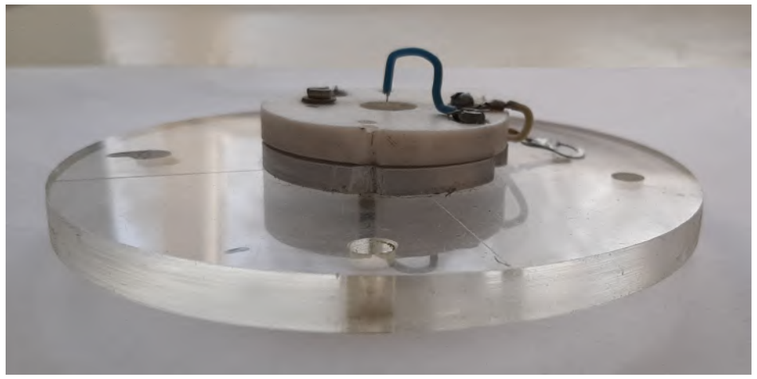
[20] конверсиялық электрондарды тіркеу тәсілімен ерекшеленетін мессбауэр спектрометрлерінің бірнеше түрін сипаттайды. Олардың бірі-интегралды конверсиялық электронды мессбауэр спектроскопиясы (ICEMS), көзден шыққан барлық электрондарды тіркейді. Екіншісі-дифференциалды конверсиялық электронды мессбауэр спектроскопиясы (DCEMS) тіркелген электрондардың энергиясы олардың шығу тереңдігімен байланысты екендігіне негізделген [21]. DC EMS тек өте тар энергетикалық аймақта орналасқан электрондарды тіркейді. Бұл бұзбайтын әдіс неғұрлым күрделі және қымбат [22] қабаттарды әртүрлі тәсілдермен (химиялық, механикалық, лазерлік және т.б.) алып тастау арқылы бетті қабатты зерттеуге негізделген деструктивті тәсілден айырмашылығы [23].

Конверсиялық және оже-электрондарды тіркеу әдістемелері ҚР ЯФИ ядролық гамма-резонанстық спектроскопия зертханасында іске асырылды. Детекторлардың екі түрі құрастырылған және жасалған: конверсиялық және оже-электронды газ разрядты пропорционалды детектор және электронды газ разрядты көшкін детекторы [24].

Осы жұмыстың мақсаты зерттелетін материалдардың шағын беткі қабаттарының құрылымдық-фазалық жай-күйі туралы ақпарат алуға мүмкіндік беретін сканерлеуші конверсиялық электрондық мессбауэр спектроскопиясының (SCEMS) әдістемесін ұсыну болып табылады.

МАТЕРИАЛДАР МЕН ӘДІСТЕР

Гамма-кванттардың резонанстық жұтылуымен конверсиялық электрон үлгінің бетінен шығады, ол газ қоспасының молекулаларын иондау және қоздыру үшін энергияны жоғалтады. Нәтижесінде электрон-иондық жұптар пайда болады, олардың мөлшері газдағы қозғалысты бастаған электронның энергиясына пропорционалды. Детектордың жұмыс көлемінің электр өрісінде оң иондар катодқа, ал электрондар анодқа қарай жылжиды. Анодтың жанында көшкіннің пайда болуына жағдай жасалады. Осыған байланысты газды күшейту жүзеге асырылады. Анодта жиналған электр заряды бастапқы ион жұптарының санына пропорционал [10].



Сурет 1. SCEMS детектор кассетасы

Сурет 1-де CMS детекторының кассетасының жалпы көрінісі берілген. Кассетаның айрықша ерекшелігі [24], бұл анод вольфрам сым инесі түрінде жасалған. Резонанстық емес фонды азайту үшін ине тефлон қабығына орналастырылады. Мұндай геометрияда анод пен катод беті арасында гетерогенді электр өрісі пайда болады. Бұл жағдайда детектордың сезімтал көлемі иненің ұшында және катод үлгісінде негізі бар өте тар конусты білдіреді. Бұл конусқа негізінен анодтың астындағы катод аймағынан шыққан электрондар енеді. Кассета камераға орналастырылады, оның алдыңғы бөлігі алюминий фольга терезесі бар фланецпен жабылған, гамма-кванттардың үлгіге өтуі және ^{57}Co-дан рентген сәулелерін сүзу үшін. Камераның ішкі беті гамма және сипаттамалық сәулеленуден пайда болған фотоэлектрондардың фонын азайту үшін плексигласспен жабылған. Вакуумдық камера форвакуум сорғысына және He(8%) CH_4 қоспасы бар газ баллонына қосылған. Детекторды жұмысқа дайындау кезінде камера вакуумдалады және атмосфералық қысымға дейін гелий-метан қоспасымен толтырылады.

Спектрометрдің ажыратымдылығы бірқатар факторларға байланысты: иненің соңғы бөлігінің диаметрі (~20 мкм), анод пен катод арасындағы алшақтық (~2 мм), электродтар арасындағы потенциал (~1 000 В). Көрсетілген параметрлер спектрометрді орнату процесінде таңдалады. Айта кету керек, ұсынылған әдіс хром матрицасында өте қуатты ^{57}Co көзін пайдалануды талап етеді.

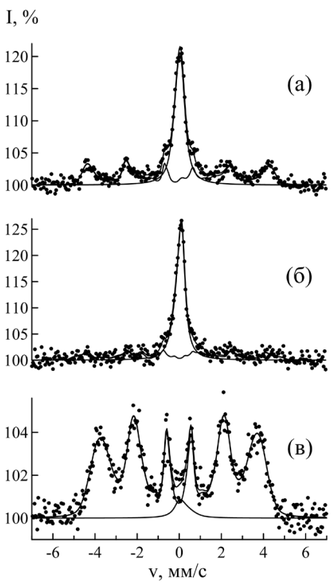
Мессбауэр зерттеулері тұрақты үдеу режимінде жұмыс істейтін MS-1104Em спектрометрінде жүргізілді. Гамма-кванттардың көзі ретінде 50 мКи белсенділігі бар хром матрицасында ^{57}Co болды. Гамма және қайталама сәулеленуді тіркеу резонанстық сцинтилляциялық детектор Fe, ICEMS және SCEMS де-

текторларын бөлме температурасында қолдану арқылы жүзеге асырылды. Мессбауэр спектрлерін өңдеу SpectrRelax бағдарламасы арқылы ультра жұқа параметрлердің таралуын қалпына келтіру және спектрді модельдік декодтау әдістерімен орындалды [25].

НӘТИЖЕЛЕР

SCEMS детекторының ажыратымдылығын бағалау үшін катод екі фольгадан тұратын эксперимент жүргізілді. Олардың бірі синглет түріндегі мессбауэр спектрі бар аустениттік құрылымның Х18Н10Т тот баспайтын болаты; екіншісі – 205 кЭ магнит өрісі бар магниттік реттелген құрылымы бар $Cu_{0.2}Ni_{0.7}Fe_{0.1}$ қорытпасы. Мессбауэр спектрлері (Сурет 2) үш нүктеде тіркелді. Біріншісі (a) иненің фольга түйіскен жеріне қарама-қарсы орналасуына сәйкес келді, қалған екеуі (b және c) тот баспайтын болаттан жасалған Х18Н10Т фольга мен буыннан 1 мм қашықтықта $Cu_{0.2}Ni_{0.7}Fe_{0.1}$ қорытпасының шеттерінде болды. (a) спектрі Х18Н10Т тот баспайтын болаттан және $Cu_{0.2}Ni_{0.7}Fe_{0.1}$ қорытпасынан тұратынын байқау қиын емес. (b) және (c) нүктелерінде түсірілген спектрлер үлгілердің монофазалылығын көрсетеді. Осылайша, ішкі конверсия электрондары тіркелетін иненің астындағы аймақ 3.14 мм^2 аспайды. Бұл шаманы ине анодты SCEMS-детекторының ажыратымдылығы деп санауға болады. Айта кету керек, кассета анодты катод жазықтығы бойымен жылжытуға мүмкіндік беретін құрылғымен жабдықталған. Демек, зерттелетін материалдардың жергілікті беткі қабаттарының құрылымдық-фазалық күйі туралы ақпарат ала отырып, үлгілердің бетін сканерлеуге мүмкіндік беріледі.

ҚОРЫТЫНДЫЛАР



Сканерлеуші конверсиялық электронды мессбауэр спектроскопиясының әдісі ұсынылды және жүзеге асырылды, бұл конверсиялық электронды детектордағы анод ине түрінде жасалады. Зерттелетін материалдардың жергілікті беткі қабаттарының құрылымдық-фазалық жағдайы туралы ақпарат ала отырып, үлгінің бетін сканерлеу мүмкіндігі көрсетілген. Спектрометрдің ажыратымдылық қабілетінің бірқатар факторларға тәуелділігі анықталды: иненің соңғы бөлігінің диаметрі (~ 20 мкм), анод пен катод арасындағы алшақтық (~ 2 мм), электродтар арасындағы потенциал (~ 1 000 В). Көрсетілген параметрлер спектрометрді орнату процесінде таңдалады.

Зерттеуді Қазақстан Республикасының энергетика Министрлігі қаржыландырды («Қазақстандық үдеткіш кешендер базасында ядролық және радиациялық физика саласындағы кешенді ғылыми зерттеулерді дамыту» бағдарламасы).

Сурет 2. SCEMS – Х18Н10Т үлгісінің ^{57}Fe ядроларындағы спектрлер – $Cu_{0.2}Ni_{0.7}Fe_{0.1}$:
(a) – фольга түйіскен жерде;
(b) - Х18Н10Т фольгада;
(c) - $Cu_{0.2}Ni_{0.7}Fe_{0.1}$ фольгасында.

ӘДЕБИЕТ

1. S.M. Irkaev, R.N. Kuzmin, and A.A. Opalenko, Nuclear Gamma Resonance (Instrumentation and Techniques), Moscow: Moscow State University, 1970. 207 pp.
2. V.S. Litvinov, S.D. Karakishev, V.V. Ovchinnikov, Nuclear γ-resonance spectroscopy of alloys; Moscow: Metallurgiya, 1982.
3. J. Pechoušek, D. Jančík, J. Frydrych, J. Navařík, P. Novák, Setup of Mössbauer spectrometers at RCPTM AIP Conference Proceedings, 2012, 1489, P. 186-193
4. Sarychev, D.A., Novikovskiy, N.M., Stashenko, V.V., Kitaev, V.V., Sivokon, D.N., Spivakov, A.A. Characteristics Optimization of the Resonant Detector for Mössbauer Spectroscopy Using Resonance ^{57}Fe. IEEE Transactions on Nuclear Science, 2017, 64(10), стр. 2729-2732, 8027134
5. V.I. Goldanskii, Chemical Applications of Mössbauer Spectroscopy, Moscow: Mir, 1970. 502 pp.
6. M.I. Oshtrakh, V.A. Semionkin, E.A. Kopelyan, O.B Milder, Mössbauer and positron life-time study of oxyhemoglobin solution irradiated by electrons, Radiation Physics and Chemistry, 1999, 5 6, P. 549 554.
7. Dmitry V. Zyabkin, Vít Procházka, Marcel Miglierini, MiroslavMašláň, Electrolytic cell-free ^{57}Co deposition for emission Mössbauer spectroscopy Radiation Physics and Chemistry, 2018, 146, P. 86 90.K.
8. K. Kozlov, V. Shabashov, A. Zamatovskii, E. Novikov, Y. Ustyugov, Inversion of the sign of the short-range order as a function of the composition of Fe - Cr alloys at warm severe plastic deformation and electron irradiation, Metals, 2020, 10(5), P. 659
9. I. Alekseev, A. Miroslavov, Post-effects of radioactive decay in magnetite nano-crystals labelled with Auger- and internal conversion electron-emitters, alpha- and beta decay radionuclides, Radiation Physics and Chemistry, 2020, 177, 109160
10. Mossbauer Spectroscopy II - The Exotic Side of the Method Publisher: Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1981 Edited by U. Gonser.
11. I.A. Manakova, M.F. Vereshchak, L.S. Sergeeva, A.K. Shokanov, V.I. Antonyuk, V.S. Rusakov, K.K. Kadyrzhanov Laws of thermally induced formation of phases in α-Fe with a titanium coating upon isochronous annealings, The Physics of Metals and Metallography, 2010, Vol. 09, No. 5, P. 447-460, DOI: 10.1134/S0031918X10050054.
12. A. Shokanov, M. Vereshchak, I. Manakova, Mössbauer and X-ray Studies of Phase Composition of Fly Ashes Formed after Combustion of Ekibastuz Coal (Kazakhstan), Metals, 2020, 10, 929, DOI:10.3390/met10070929.
13. A.K. Zhetbaev, Sh.Sh. Ibragimov, A.K. Shokanov, Mössbauer study of molybdenum oxidation kinetics, Journal de physique. Colloque, 1979, 41 Collog C-1(1), P. 387-388.
14. Sh.Sh. Ibragimov, M.F. Vereshchak, T.M. Zhantikin, Study of plastic deformation and proton irradiation influence on phase transitions in C18N9T stainless steel, Hyperfine Interactions, 1986, 29, P. 1293 1296.
15. A.K. Zhetbaev, M.F. Vereshchak, T.M. Zhantikin, Investigation of radiation demage in amorphous $Fe_{70}Ni_{10}P_{13}C_7$, Hyperfine Interactions, 1986, 29, P. 1297 1300.
16. K.K. Kadyrzhanov, M.F. Vereshchak, I.A. Manakova, A.N. Ozernoy, V.S. Rusakov, Structure-phase transformations in the Be - Fe - Be layered system subjected to irradiation and thermal treatment, Journal of Physics and Chemistry of Solids, 2013, V. 74, Issue 8, P. 1078-1085, DOI: 10.1134/S0031918X14080122.
17. A.N. Ozernoy, M.F. Vereshchak, I.A. Manakova, Zh.K. Tleubergenov, K.A. Bedelbekova, Nuclear gamma-resonance spectroscopy in study of nanoscale composites, Physics of atomic nuclei, 2018,V. 81, No. 10, P. 1484 1487, DOI: 10.1134/S1063778818100125.
18. V.A. Andrianov, K.A. Bedelbekova, A.N. Ozernoy, M.F. Vereshchak, I.A. Manakova, Mössbauer studies of ^{57}Fe implantation in metal Ta and Mo, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 2020, V. 475, P. 71-76, DOI: 10.1016/j.nimb.2020.04.035.
19. A.K. Shokanov, M.F. Vereshchak, I.A. Manakova, A.N. Ozernoy, Zh.K. Tleubergenov, K.A. Bedelbekova, V.I. Yaskevich, Mössbauer studies of iron carbides formed by thermal vacuum deposition, Crystallography Reports, 2020, V. 65, № 3, P. 363 366, DOI: 10.1134/S1063774520030323.
20. J. Frydrych, M. Mashlan, J. Pechousek, D. Jancik, Conversion Electron Detectors for ^{57}Fe Mössbauer Measurements, AIP Conference Proceedings, 2008, V. 1070, DOI: 10.1063/1.3030842
21. G. Klingelhöfer and W. Meisel, Hyperfine Interact. 57, 1911-1918 (1990).
22. K. Nomura, "Conversion Electron Mössbauer Spectroscopy" in Mössbauer Spectroscopy in Materials Science-1998, edited by M. Miglierini et al., Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop, Springer, 1999, pp. 63-78.
23. E. Murad and J. Cashion, "Other Spectrometers" in Mössbauer Spectroscopy of Environmental Materials and Their Industrial Utilization, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004, pp. 75-80.
24. M.F. Vereshchak, I.A. Manakova, A.K. Shokanov, Мессбауэровская спектроскопия конденсированного состояния кристаллов Монография (Учебное пособие), Алматы: КазНПУ имени Абая, 2020, 210 с.
25. M.E. Matsnev, V.S. Rusakov, SpectrRelax: An application for Mössbauer spectra modeling and fitting, AIP Conf. Proceedings 2012, 1489, 178-185.

КОНВЕРСИОННАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ МЕССБАУЭРОВСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ МАТЕРИАЛОВ

М.Ф. Верещак, И.А. Манакова, Ж.К. Тлеубергенов
Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

Предложен метод сканирующей конверсионной электронной мессбауэровской спектроскопии, заключающийся в том, что анод в детекторе конверсионных электронов выполнен в виде иглы. Показана возможность осуществлять сканирование поверхности образца с получением информации о структурно-фазовом состоянии локальных приповерхностных слоев исследуемых материалов. Установлена зависимость разрешающей способности спектрометра от ряда факторов: диаметра конечной части иглы (~ 20 мкм), зазора между анодом и катодом (~ 2 мм), потенциала между электродами (~ 1 000 В).

Ключевые слова: мессбауэровская спектроскопия, мессбауэровский спектрометр, конверсионные электроны, детекторы.

CONVERSION ELECTRON MÖSSBAUER SPECTROSCOPY OF LOCAL NEAR-SURFACE LAYERS OF MATERIALS

M.F. Vereshchak, I.A. Manakova, Zh.K. Tleubergenov
Institute of nuclear physics, Almaty, Kazakhstan

The method of scanning conversion electron Mössbauer spectroscopy is proposed, which consists of the anode in the conversion electron detector made like a needle. The possibility to perform scanning of the sample surface with obtaining information on the structural-phase state of local near-surface layers of the materials investigated has been shown. The dependence of the resolving power of the spectrometer on several factors has been established: the diameter of the end part of the needle (~ 20 µm), the gap between the anode and cathode (~ 2 mm), the potential between the electrodes (~ 1 000 V).

Keywords: Mössbauer spectroscopy, Mössbauer spectrometer, conversion electrons, detectors.

ВВЕДЕНИЕ

Явление гамма-резонансного поглощения и испускания гамма-квантов ядром без отдачи, известное как эффект Мессбауэра, было открыто в 1958 году. За прошедший период достигнуты большие успехи в создании и совершенствовании методической базы ядерной гамма-резонансной спектроскопии [1-4], так как и в настоящее время мессбауэровская спектроскопия находит широкое применение в различных областях физики и химии, геологии и минералогии, биологии и медицины, космологии и индустрии [5-11].

Известно, что распад резонансно возбужденного ядра может происходить по двум каналам: переизлучение резонансного гамма-кванта и процесс внутренней конверсии, когда наряду с конверсионными и оже-электронами, испускается также и характеристическое рентгеновское излучение. Таким образом, появляется возможность реализации четырех методик наблюдения резонансного поглощения гамма-квантов ядрами ^{57}Fe. Все эти методические подходы имеют свои преимущества и недостатки, и используются исходя из конкретных задач [10].

Трансмиссионная мессбауэровская спектроскопия в геометрии на поглощение (MS) применяется в случае, когда объектом исследования является поглотитель, содержащий мессбауэровский изотоп ^{57}Fe, а в качестве источника гамма-излучения используется ^{57}Co в парамагнитной матрице с кубической сингонией [11,12].

Эмиссионная мессбауэровская спектроскопия используется в двух случаях: во-первых, исследуется образец, не содержащий мессбауэровского изотопа – источником гамма-квантов здесь является радиоактивный препарат, внедренный в исследуемый образец [13]; во-вторых, исследуется образец, подвергнутый облучению, приводящему к образованию мессбауэровского радионуклида ^{57}Co. В последнем случае применяется методика селективной регистрации первично выбитых атомов (ПВА) и их конечных состояний, реализованная в Институте ядерной физики Республики Казахстан (ИЯФ РК) с использованием изохронного циклотрона У-150М [14,15]. Эта методика позволяет избирательно зондировать малые локальные области образца, значительно повысить чувствительность ядерной гамма-резонансной спектроскопии к радиационным эффектам и, что очень позволяет изучать структуру материала в зоне торможения ПВА [14].

Однако, для решения ряда проблем наиболее предпочтительным может оказаться методика резонансного рассеяния без отдачи и сопровождающих этот процесс вторичных излучений. Это в первую очередь относится к исследованию приповерхностных слоев массивных образцов и тонких пленок.

С наибольшей вероятностью процесс внутренней конверсии идет на К-электронах. В случае поглотителя из железа энергия электронов равняется 7.3 кэВ, что соответствует толщине эффективного слоя около 100 нм [16-19].

В [20] описаны несколько типов мессбауэровских спектрометров, отличающихся способом регистрации конверсионных электронов. Один из них – интегральная конверсионная электронная мессбауэровская спектроскопия (ICEMS), регистрирует все электроны, испущенные источником. Другой – дифференциальная конверсионная электронная мессбауэровская спектроскопия (DCEMS) основана на том, что энергия регистрируемых электронов связана с глубиной их выхода [21]. DCEMS регистрирует только электроны, находящиеся в очень узкой энергетической области. Этот неразрушающий метод является более сложным и дорогостоящим [22] в отличие от деструктивного подхода, основанного на послойном исследовании поверхности путем снятия слоев различными способами (химическим, механическими, лазерными и др.) [23].

Методики регистрации конверсионных и оже-электронов реализованы в Лаборатории ядерной гамма-резонансной спектроскопии ИЯФ РК. Сконструировано и изготовлено два типа детекторов: газоразрядный пропорциональный детектор кон-

INTRODUCTION

The phenomenon of gamma resonance absorption and gamma-ray emission by a nucleus without recoil, known as the Mössbauer effect, has been discovered in 1958. Over the past period, great successes have been achieved in creating and improving the methodological basis of nuclear gamma resonance spectroscopy [1-4], as even nowadays Mössbauer spectroscopy is widely used in various fields of physics and chemistry, geology and mineralogy, biology and medicine, cosmology and industry [5-11].

It is well known that the decay of a resonantly excited nucleus can occur through two paths: the re-emission of a resonant gamma-quantum and the process of internal conversion, in which, along with conversion and Auger electrons, characteristic X-ray emission is also emitted. Thus, it becomes possible to implement four techniques for the observation of resonant gamma-ray absorption by ^{57}Fe nuclei. All these methodological approaches have their own pros and cons and are used based on specific tasks. [10].

Transmission Mössbauer spectroscopy in geometry on absorption (MS) is applied when the object of study is an absorber containing the Mössbauer isotope ^{57}Fe, and as a source of gamma radiation ^{57}Co in a paramagnetic matrix with cubic singony is used. [11,12].

Emission Mössbauer spectroscopy is used in two cases: firstly, a sample that does not contain the Mössbauer isotope is investigated – the source of gamma quanta here is a radioactive preparation embedded in the investigated sample [13]; secondly, a sample subjected to irradiation leading to the formation of the Mössbauer radionuclide ^{57}Co is investigated. In the latter case, the technique of selective registration of primary knocked-on atoms (PKA) and their final states, implemented at the Institute of Nuclear Physics of the Republic of Kazakhstan (INP RK) using a U-150M isochronous cyclotron, is used [14,15]. This technique makes it possible to selectively probe small local areas of the sample, significantly increase the sensitivity of nuclear gamma resonance spectroscopy to radiation effects, and, importantly, allows us to study the structure of the material in the PKA inhibition area [14].

However, in order to solve a number of problems, the technique of resonant scattering without recoil and accompanying secondary radiation may be the most preferable. This applies primarily to the study of near-surface layers of massive samples and thin films.

The internal conversion process is most likely to occur at K electrons. In the case of the iron absorber, the electron energy is 7.3 keV, which corresponds to a thickness of the effective layer of about 100 nm [16-19].

Several types of Mössbauer spectrometers are described in [20], which differ in the way of registration of conversion electrons. One of them, integral conversion electron Mössbauer spectroscopy (ICEMS), which registers all electrons emitted by the source. The other is differential conversion electron Mössbauer spectroscopy (DCEMS) is since the energy of the registered electrons is related to the depth of their yield [21]. DCEMS only registers electrons that are in a very narrow energy region. This non-destructive method is more complex and expensive [22] in contrast to the destructive approach which is based on the layer-by-layer examination of the surface by removing layers by various methods (chemical, mechanical, laser, etc.) [23].

The methods of registration of conversion and Auger electrons were implemented in the Laboratory of Nuclear Gamma Resonance Spectroscopy of the Institute of Nuclear Physics of the Republic of Kazakhstan. Two types of detectors were designed and fabricated: a gas-discharge proportional detector of conversion and Auger electrons, and a gas-discharge avalanche detector of electrons [24].

The purpose of this work is to present a technique of scanning conversion electron Mössbauer spectroscopy (SCEMS), which allows to obtain information

версионных и оже-электронов, и газоразрядный лавинный детектор электронов [24].

Целью настоящей работы является представление методики сканирующей конверсионной электронной мессбауэровской спектроскопии (SCEMS), позволяющей получать информацию о структурно-фазовом состоянии малых приповерхностных слоев исследуемых материалов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При резонансном поглощении гамма-квантов из поверхности образца вылетает конверсионный электрон, который теряет энергию на ионизацию и возбуждение молекул газовой смеси. В результате создаются электрон-ионные пары, количество которых пропорционально энергии электрона, с которой он начал движение в газе. В электрическом поле рабочего объема детектора положительные ионы дрейфуют к катоду, а электроны – к аноду. Вблизи анода создаются условия для развития лавинообразования. За счет этого осуществляется газовое усиление. Электрический заряд, собранный на аноде, пропорционален числу первичных пар ионов [10].

На Рис. 1 приведен общий вид кассеты детектора SCEMS. Отличительная особенность кассеты в сравнении с [24], состоит в том, что анод выполнен в виде иглы из вольфрамовой проволоки. Игла с целью уменьшения нерезонансного фона, помещается в тефлоновую оболочку. В такой геометрии между анодом и поверхностью катода создается неоднородное электрическое поле. Чувствительный объем детектора в этом случае представляет довольно узкий конус с вершиной на острие иглы и основанием на образце – катоде. В этот конус попадают, в основном, электроны, вылетевшие из области катода, находящейся под анодом. Кассета помещается в камеру, передняя часть которой закрыта фланцем с окном из алюминиевой фольги для прохождения гамма-квантов к образцу и фильтрации рентгеновского излучения от ^{57}Co. Внутренняя поверхность камеры покрыта оргстеклом для уменьшения фона фотоэлектронов, образованных гамма- и характеристическим излучением. Вакуумная камера соединена с форвакуумным насосом и газовым баллоном с He (8%) CH_4-смесью. При подготовке детектора к работе, камера вакуумируется и заполняется гелий-метановой смесью до атмосферного давления.

Разрешающая способность спектрометра зависит от ряда факторов: диаметра конечной части иглы (~ 20 мкм), зазора между анодом и катодом (~ 2 мм), потенциала между электродами (~ 1 000 В). Указанные параметры подбираются в процессе настройки спектрометра. Следует заметить, что предлагаемая методика требует использования довольно мощного источника ^{57}Co в матрице из хрома.

Мессбауэровские исследования проводили на спектрометре MS-1104Em, работающего в режиме постоянных ускорений. В качестве источника гамма-квантов служил ^{57}Co в матрице хрома активностью 50 мКи. Регистрацию гамма- и вторичного излучения осуществляли с помощью резонансного сцинтилляционного детектора Fe, ICEMS- и SCEMS-детекторов при комнатной температуре. Обработку мессбауэровских спектров выполняли методами восстановления распределений сверхтонких параметров и модельной расшифровки спектра с помощью программы SpectrRelax [25].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для оценки разрешающей способности SCEMS-детектора был проведен эксперимент, в котором катод состоял из двух фольг. Одной из них являлась нержавеющая сталь Х18Н10Т аустенитной структуры с мессбауэровским спектром в виде синглета; другой – сплав $Cu_{0.2}Ni_{0.7}Fe_{0.1}$, имеющий магнитоупорядоченную структуру с магнитным полем 205 кЭ. Мессбауэровские спектры (Рис. 2) регистрировали в трех точках. Первая (a) соответствовала положению иглы напротив стыка фольг, две другие (b и c) находились на полях фольг нержавеющей стали Х18Н10Т и сплава $Cu_{0.2}Ni_{0.7}Fe_{0.1}$ на расстоянии 1 мм от стыка. Нетрудно заметить, что спектр (a) состоит из подспектров нержавеющей стали Х18Н10Т и сплава $Cu_{0.2}Ni_{0.7}Fe_{0.1}$. Спектры, снятые в точках (b) и (c), указывают на монофазность образцов. Таким образом, площадь под иглой, из которой происходит регистрация электронов внутренней конверсии, не более 3.14 мм^2. Эту величину можно считать разрешающей способностью SCEMS-детектора с игольчатым анодом. Следует заметить, что кассета

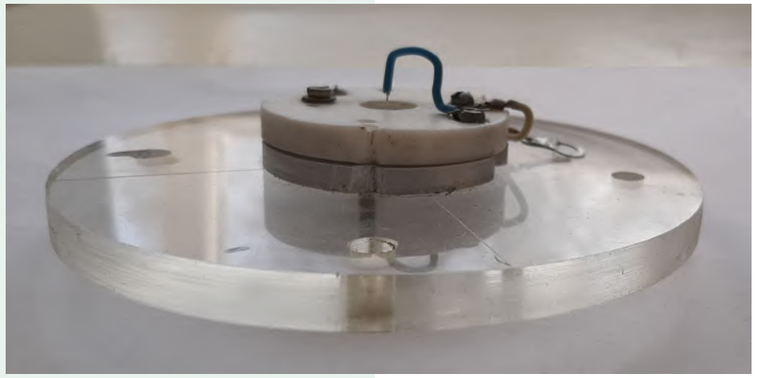


Рис. 1. Кассета детектора SCEMS / Fig. 1. SCEMS detector cassette

on the structural-phase state of small near-surface layers of investigated materials.

MATERIALS AND METHODS

During resonant absorption of gamma-quanta, a conversion electron release of the sample surface, which loses energy to ionization and excitation of molecules of the gas mixture. As a result, electron-ion pairs are formed, the number of which is proportional to the electron energy by which it started to move in the gas. In the electric field of the detector working volume positive ions drift to the cathode, and electrons – to the anode. Near the anode, conditions for avalanche formation are formed. Due to this, gas amplification is accomplished. The electric charge collected at the anode is proportional to the number of primary ion pairs [10].

Fig. 1 shows a general view of the SCEMS detector cassette. A distinctive feature of the cassette in comparison with [24] is that the anode is made in the form of a tungsten wire needle. The needle, in order to reduce the non-resonant background, is placed in a Teflon sheath. In this geometry, an inhomogeneous electric field is generated between the anode and the cathode surface. The sensitive volume of the detector in this case is a rather narrow cone with the apex on the needle point and the base on the sample – the cathode. Into this cone fall mainly the electrons released from the cathode region located under the anode. The cassette is placed in a chamber, the front part of which is closed by a flange with a window made of aluminium foil for the path of gamma-quanta to the sample and filtration of X-rays from ^{57}Co. The inner surface of the chamber is covered with Plexiglas to reduce the background of photoelectrons formed by gamma- and characteristic radiation. The vacuum chamber is connected to a forevacuum pump and a gas cylinder with a He (8%) CH_4 mixture. During preparation of the detector for operation, the chamber is pumped and filled with helium-methane mixture up to atmospheric pressure.

The resolving power of the spectrometer depends on several factors: the diameter of the end part of the needle (~ 20 µm), the gap between the anode and cathode (~ 2 mm), the potential between the electrodes (~ 1 000 V). These parameters are selected in the process of spectrometer adjustment. It should be noted that the proposed technique requires the use of a rather powerful source of ^{57}Co in a chromium matrix.

Mössbauer studies were performed on a MS-1104Em spectrometer operating in the constant acceleration mode. ^{57}Co in a chromium matrix with activity of 50 mCi served as a source of gamma-quanta. The gamma and secondary radiation were registered using a resonant Fe scintillation detector, ICEMS and SCEMS detectors at room temperature. The Mössbauer spectra were processed by the methods of restoration of superfine parameter dis-tributions and model spectrum decoding using the SpectrRelax program [25].

RESULTS

To evaluate the resolving power of the SCEMS detector, an experiment was conducted in which the cathode consisted of two foils. One of them was stainless steel $Cr_{18}Ni_{10}Ti$ of austenitic structure with a Mössbauer spectra as a singlet; the other was an alloy $Cu_{0.2}Ni_{0.7}Fe_{0.1}$ having a magnetic ordered structure with a magnetic field of 205 kE.

Mössbauer spectra (Fig. 2) were registered at three points. The first (a) corresponded to the position of the needle opposite the foil junction, the other two (b and c) were located on the foil fields of stainless steel $Cr_{18}Ni_{10}Ti$ and alloy $Cu_{0.2}Ni_{0.7}Fe_{0.1}$ at 1 mm from the junction. The spectrum (a) consists of subspectra of stainless steel $Cr_{18}Ni_{10}Ti$ and alloy $Cu_{0.2}Ni_{0.7}Fe_{0.1}$. The spectra recorded at points (b) and (c) indicate the monophasic nature of the samples. Thus, the area under the needle, from which the internal conversion electrons are registered, is not more than 3.14 mm^2. This value can be considered as the resolving power of the SCEMS detector with needle anode. It should be noted that the cassette is equipped with a device that allows moving the anode along the cathode plane. Consequently, it is possible to scan the surface of samples to obtain information on the structural-phase state of local near-surface layers of the materials investigated.

снабжена устройством, позволяющим перемещать анод вдоль плоскости катода. Следовательно, предоставляется возможность осуществлять сканирование поверхности образцов с получением информации о структурно-фазовом состоянии локальных приповерхностных слоев исследуемых материалов.

ВЫВОДЫ

Предложен и реализован метод сканирующей конверсионной электронной мессбауэровской спектроскопии, заключающийся в том, что анод в детекторе конверсионных электронов выполнен в виде иглы. Показана возможность осуществлять сканирование поверхности образца с получением информации о структурно-фазовом состоянии локальных приповерхностных слоев исследуемых материалов. Установлена зависимость разрешающей способности спектрометра от ряда факторов: диаметра конечной части иглы (~ 20 мкм), зазора между анодом и катодом (~ 2 мм), потенциала между электродами (~ 1000 В). Указанные параметры подобраны в процессе настройки спектрометра.

Исследование финансировалось Министерством энергетики Республики Казахстан (Программа «Развитие комплексных научных исследований в области ядерной и радиационной физики на базе казахстанских ускорительных комплексов»).

CONCLUSION

A method of scanning conversion electron Mössbauer spectroscopy has been proposed and implemented, which consists of the anode in the conversion electron detector in the form of a needle. The possibility to scan the sample surface with obtaining information on the structural-phase state of local near-surface layers of investigated materials is shown. The dependence of the resolving power of the spectrometer on a variety of factors has been established: the diameter of the end part of the needle (~ 20 µm), the gap between the anode and cathode (~ 2 mm), and the potential between the electrodes (~ 1 000 V). These parameters were selected in the process of spectrometer tuning.

The research was funded by the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan («Development of Complex Scientific Research in the Field of Nuclear and Radiation Physics on the Basis of Kazakhstan Accelerator Complexes» Program).

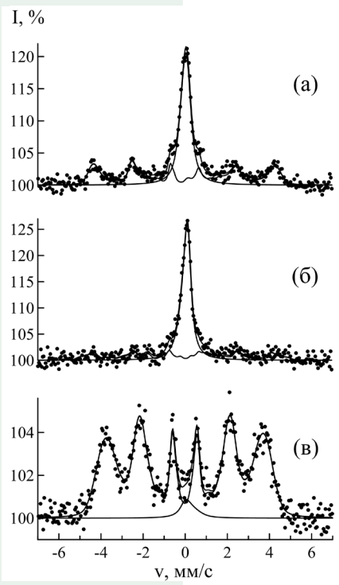


Рис. 2. SCEMS-спектры на ядрах ^{57}Fe образца X18H10T – $Cu_{0.2}Ni_{0.7}Fe_{0.1}$:
(a) – на стыке фольг,
(b) – на фольге X18H10T,
(c) – на фольге $Cu_{0.2}Ni_{0.7}Fe_{0.1}$

/ Fig. 2. SCEMS spectra on ^{57}Fe nuclei of $Cr_{18}Ni_{10}Ti$ – $Cu_{0.2}Ni_{0.7}Fe_{0.1}$:
(a) – on foil junction,
(b) – on $Cr_{18}Ni_{10}Ti$ foil ,
(c) – on $Cu_{0.2}Ni_{0.7}Fe_{0.1}$ foil

ЛИТЕРАТУРА

1. S.M. Irkaev, R.N. Kuzmin, and A.A. Opalenko, Nuclear Gamma Resonance (Instrumentation and Techniques), Moscow: Moscow State University, 1970. 207 pp.
2. V.S. Litvinov, S.D. Karakishev, V.V. Ovchinnikov, Nuclear γ-resonance spectroscopy of alloys; Moscow: Metallurgiya, 1982.
3. J. Pechoušek, D. Jančík, J. Frydrych, J. Navařík, P. Novák, Setup of Mössbauer spectrometers at RCPTM AIP Conference Proceedings, 2012, 1489, P. 186-193
4. Sarychev, D.A., Novikovskiy, N.M., Stashenko, V.V., Kitaev, V.V., Sivokon, D.N., Spivakov, A.A. Characteristics Optimization of the Resonant Detector for Mössbauer Spectroscopy Using Resonance ^{57}Fe. IEEE Transactions on Nuclear Science, 2017, 64(10), стр. 2729-2732, 8027134

REFERENCE

1. S.M. Irkaev, R.N. Kuzmin, and A.A. Opalenko, Nuclear Gamma Resonance (Instrumentation and Techniques), Moscow: Moscow State University, 1970. 207 pp.
2. V.S. Litvinov, S.D. Karakishev, V.V. Ovchinnikov, Nuclear γ-resonance spectroscopy of alloys; Moscow: Metallurgiya, 1982.
3. J. Pechoušek, D. Jančík, J. Frydrych, J. Navařík, P. Novák, Setup of Mössbauer spectrometers at RCPTM AIP Conference Proceedings, 2012, 1489, P. 186-193
4. Sarychev, D.A., Novikovskiy, N.M., Stashenko, V.V., Kitaev, V.V., Sivokon, D.N., Spivakov, A.A. Characteristics Optimization of the Resonant Detector for Mössbauer Spectroscopy Using Resonance ^{57}Fe. IEEE Transactions on Nuclear Science, 2017, 64(10), стр. 2729-2732, 8027134

5. V.I. Goldanskii, Chemical Applications of Mössbauer Spectroscopy, Moscow: Mir, 1970. 502 pp.
6. M.I. Oshtrakh, V.A. Semionkin, E.A. Kopelyan, O.B Milder, Mössbauer and positron life-time study of oxyhemoglobin solution irradiated by electrons, Radiation Physics and Chemistry, 1999, 5 6, P. 549 554.
7. Dmitry V. Zyabkin, Vít Procházka, Marcel Miglierini, MiroslavMašláň, Electrolytic cell-free ^{57}Co deposition for emission Mössbauer spectroscopy Radiation Physics and Chemistry, 2018, 146, P. 86 90.K.
8. K. Kozlov, V. Shabashov, A. Zamatovskii, E. Novikov, Y. Ustyugov, Inversion of the sign of the short-range order as a function of the composition of Fe - Cr alloys at warm severe plastic deformation and electron irradiation, Metals, 2020, 10(5), P. 659
9. I. Alekseev, A. Miroslavov, Post-effects of radioactive decay in magnetite nano-crystals labelled with Auger- and internal conversion electron-emitters, alpha- and beta decay radionuclides, Radiation Physics and Chemistry, 2020, 177, 109160
10. Mossbauer Spectroscopy II – The Exotic Side of the Method Publisher: Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1981 Edited by U. Gonser.
11. I.A. Manakova, M.F. Vereshchak, L.S. Sergeeva, A.K. Shokanov, V.I. Antonyuk, V.S. Rusakov, K.K. Kadyrzhanov Laws of thermally induced formation of phases in α-Fe with a titanium coating upon isochronous annealings, The Physics of Metals and Metallography, 2010, Vol. 09, No. 5, P. 447-460, DOI: 10.1134/S0031918X10050054.
12. A. Shokanov, M. Vereshchak, I. Manakova, Mössbauer and X-ray Studies of Phase Composition of Fly Ashes Formed after Combustion of Ekibastuz Coal (Kazakhstan), Metals, 2020, 10, 929, DOI:10.3390/met10070929.
13. A.K. Zhetbaev, Sh.Sh. Ibragimov, A.K. Shokanov, Mössbauer study of molybdenum oxidation kinetics, Journal de physique. Colloque, 1979, 41 Collog C-1(1), P. 387-388.
14. Sh.Sh. Ibragimov, M.F. Vereshchak, T.M. Zhantikin, Study of plastic deformation and proton irradiation influence on phase transitions in C18N9T stainless steel, Hyperfine Interactions, 1986, 29, P. 1293 1296.
15. A.K. Zhetbaev, M.F. Vereshchak, T.M. Zhantikin, Investigation of radiation demage in amorphous $Fe_{70}Ni_{10}P_{13}C_7$, Hyperfine Interactions, 1986, 29, P. 1297 1300.
16. K.K. Kadyrzhanov, M.F. Vereshchak, I.A. Manakova, A.N. Ozernoy, V.S. Rusakov, Structure-phase transformations in the Be - Fe - Be layered system subjected to irradiation and thermal treatment, Journal of Physics and Chemistry of Solids, 2013, V. 74, Issue 8, P. 1078-1085, DOI: 10.1134/S0031918X14080122.

5. V.I. Goldanskii, Chemical Applications of Mössbauer Spectroscopy, Moscow: Mir, 1970. 502 pp.
6. M.I. Oshtrakh, V.A. Semionkin, E.A. Kopelyan, O.B Milder, Mössbauer and positron life-time study of oxyhemoglobin solution irradiated by electrons, Radiation Physics and Chemistry, 1999, 5 6, P. 549 554.
7. Dmitry V. Zyabkin, Vít Procházka, Marcel Miglierini, MiroslavMašláň, Electrolytic cell-free ^{57}Co deposition for emission Mössbauer spectroscopy Radiation Physics and Chemistry, 2018, 146, P. 86 90.K.
8. K. Kozlov, V. Shabashov, A. Zamatovskii, E. Novikov, Y. Ustyugov, Inversion of the sign of the short-range order as a function of the composition of Fe - Cr alloys at warm severe plastic deformation and electron irradiation, Metals, 2020, 10(5), P. 659
9. I. Alekseev, A. Miroslavov, Post-effects of radioactive decay in magnetite nano-crystals labelled with Auger- and internal conversion electron-emitters, alpha- and beta decay radionuclides, Radiation Physics and Chemistry, 2020, 177, 109160
10. Mossbauer Spectroscopy II – The Exotic Side of the Method Publisher: Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1981 Edited by U. Gonser.
11. I.A. Manakova, M.F. Vereshchak, L.S. Sergeeva, A.K. Shokanov, V.I. Antonyuk, V.S. Rusakov, K.K. Kadyrzhanov Laws of thermally induced formation of phases in α-Fe with a titanium coating upon isochronous annealings, The Physics of Metals and Metallography, 2010, Vol. 09, No. 5, P. 447-460, DOI: 10.1134/S0031918X10050054.
12. A. Shokanov, M. Vereshchak, I. Manakova, Mössbauer and X-ray Studies of Phase Composition of Fly Ashes Formed after Combustion of Ekibastuz Coal (Kazakhstan), Metals, 2020, 10, 929, DOI: 10.3390/met10070929.
13. A.K. Zhetbaev, Sh.Sh. Ibragimov, A.K. Shokanov, Mössbauer study of molybdenum oxidation kinetics, Journal de physique. Colloque, 1979, 41 Collog C-1(1), P. 387-388.
14. Sh.Sh. Ibragimov, M.F. Vereshchak, T.M. Zhantikin, Study of plastic deformation and proton irradiation influence on phase transitions in C18N9T stainless steel, Hyperfine Interactions, 1986, 29, P. 1293 1296.
15. A.K. Zhetbaev, M.F. Vereshchak, T.M. Zhantikin, Investigation of radiation demage in amorphous $Fe_{70}Ni_{10}P_{13}C_7$, Hyperfine Interactions, 1986, 29, P. 1297 1300.
16. K.K. Kadyrzhanov, M.F. Vereshchak, I.A. Manakova, A.N. Ozernoy, V.S. Rusakov, Structure-phase transformations in the Be - Fe - Be layered system subjected to irradiation and thermal treatment, Journal of Physics and Chemistry of Solids, 2013, V. 74, Issue 8, P. 1078-1085, DOI: 10.1134/S0031918X14080122.

17. A.N. Ozernoy, M.F. Vereshchak, I.A. Manakova, Zh.K. Tleubergenov, K.A. Bedelbekova, Nuclear gamma-resonance spectroscopy in study of nanoscale composites, Physics of atomic nuclei, 2018,V. 81, No. 10, P. 1484 1487, DOI: 10.1134/S1063778818100125.
18. V.A. Andrianov, K.A. Bedelbekova, A.N. Ozernoy, M.F. Vereshchak, I.A. Manakova, Mössbauer studies of ^{57}Fe implantation in metal Ta and Mo, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 2020, V. 475, P. 71-76, DOI: 10.1016/j.nimb.2020.04.035.
19. A.K. Shokanov, M.F. Vereshchak, I.A. Manakova, A.N. Ozernoy, Zh.K. Tleubergenov, K.A. Bedelbekova, V.I. Yaskevich, Mössbauer studies of iron carbides formed by thermal vacuum deposition, Crystallography Reports, 2020, V. 65, № 3, P. 363 366, DOI: 10.1134/S1063774520030323.
20. J. Frydrych, M. Mashlan, J. Pechousek, D. Jancik, Conversion Electron Detectors for ^{57}Fe Mössbauer Measurements, AIP Conference Proceedings, 2008, V. 1070, DOI: 10.1063/1.3030842
21. G. Klingelhöfer and W. Meisel, Hyperfine Interact. 57, 1911-1918 (1990).
22. K. Nomura, "Conversion Electron Mössbauer Spectroscopy" in Mössbauer Spectroscopy in Materials Science-1998, edited by M. Miglierini et al., Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop, Springer, 1999, pp. 63-78.
23. E. Murad and J. Cashion, "Other Spectrometers" in Mössbauer Spectroscopy of Environmental Materials and Their Industrial Utilization, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004, pp. 75-80.
24. M.F. Vereshchak,I.A. Manakova,A.K. Shokanov,Мессбауэровская спектроскопия конденсированного состояния кристаллов Монография (Учебное пособие), Алматы: КазНПУ имени Абая, 2020, 210 с.
25. M.E. Matsnev, V.S. Rusakov, SpectrRelax: An application for Mössbauer spectra modeling and fitting, AIP Conf. Proceedings 2012, 1489, 178-185.

17. A.N. Ozernoy, M.F. Vereshchak, I.A. Manakova, Zh.K. Tleubergenov, K.A. Bedelbekova, Nuclear gamma-resonance spectroscopy in study of nanoscale composites, Physics of atomic nuclei, 2018,V. 81, No. 10, P. 1484 1487, DOI: 10.1134/S1063778818100125.
18. V.A. Andrianov, K.A. Bedelbekova, A.N. Ozernoy, M.F. Vereshchak, I.A. Manakova, Mössbauer studies of ^{57}Fe implantation in metal Ta and Mo, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 2020, V. 475, P. 71-76, DOI: 10.1016/j.nimb.2020.04.035.
19. A.K. Shokanov, M.F. Vereshchak, I.A. Manakova, A.N. Ozernoy, Zh.K. Tleubergenov, K.A. Bedelbekova, V.I. Yaskevich, Mössbauer studies of iron carbides formed by thermal vacuum deposition, Crystallography Reports, 2020, V. 65, № 3, P. 363 366, DOI: 10.1134/S1063774520030323.
20. J. Frydrych, M. Mashlan, J. Pechousek, D. Jancik, Conversion Electron Detectors for ^{57}Fe Mössbauer Measurements, AIP Conference Proceedings, 2008, V. 1070, DOI: 10.1063/1.3030842
21. G. Klingelhöfer and W. Meisel, Hyperfine Interact. 57, 1911-1918 (1990).
22. K. Nomura, "Conversion Electron Mössbauer Spectroscopy" in Mössbauer Spectroscopy in Materials Science-1998, edited by M. Miglierini et al., Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop, Springer, 1999, pp. 63-78.
23. E. Murad and J. Cashion, "Other Spectrometers" in Mössbauer Spectroscopy of Environmental Materials and Their Industrial Utilization, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004, pp. 75-80.
24. M.F. Vereshchak, I.A. Manakova, A.K. Shokanov, Мессбауэровская спектроскопия конденсированного состояния кристаллов Монография (Учебное пособие), Алматы: КазНПУ имени Абая, 2020, 210 с.
25. M.E. Matsnev, V.S. Rusakov, SpectrRelax: An application for Mössbauer spectra modeling and fitting, AIP Conf. Proceedings 2012, 1489, 178-185.

КОРПУСТЫҢ АҚАУЛАРЫН ЖОЮ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

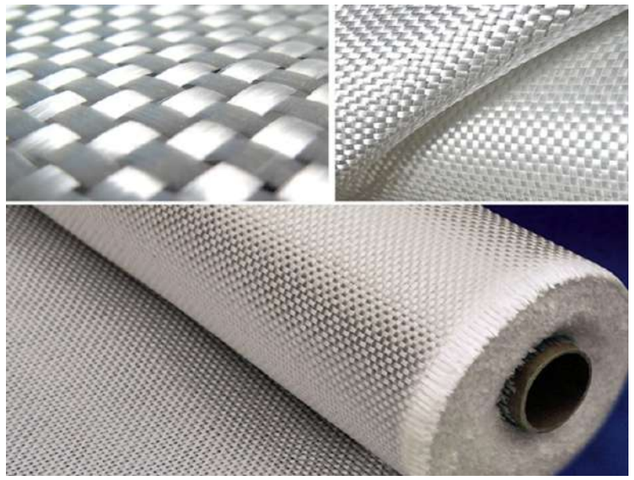
Хазов Р.В. Сыгаев Е.М., Шалбаев Ж.С. Султанов Е.Е.,
Щодро Ю.В., Латыпова Ю.А. Мушрапилов А.А.
«Волковгеология» АҚ, Алматы, Қазақстан

Қаптау бағандары жұмыс кезінде ұңғымалардың қабырғаларын ұңғыма оқпанының жұмыс кеңістігінен оқшаулауға және ішкі және сыртқы әсерлерге, ең алдымен тау жыныстары мен қабат қысымына ұшыраған кезде қажетті беріктік пен тығыздықты қамтамасыз етуге арналған.

Қаптама бағаналарының ақаулары әртүрлі жағдайларда пайда болуы мүмкін: қаптама құбырларын жасау кезінде, оларды тасымалдау және сақтау кезінде, ұңғыманы салу және пайдалану кезінде.

Мұнай өнеркәсібінде қолданылатын корпустық бағаналардың ақауларын жоюдың жеткілікті әдістері бар, бірақ бәрін бейімдеуге және жерасты ұңғымаларын сілтісіздендірудің (ЖҰС) технологиялық ұңғымаларына қолдануға болмайды. Бұл технологиялық ұңғымаларға арналған қаптама құбырларының материалына (поливинилхлорид) және ұңғыманың дизайнына, тереңдігіне, пайдалану технологиясына және жөндеу-қалпына келтіру жұмыстарын жүргізу әдістеріне байланысты.

«Волковгеология» АҚ филиалының мамандары корпустың ақауларын жою технологиясын ұсынды. Технологиялық ұңғыманың корпусының зақымдалған бөлігіне желіммен өңделген арнайы материалы бар үрлемелі пакер жіберіледі, ол тығыздауды қалпына келтіреді, зақымдану аралығын жабады. Бұл технологияны қолдану үшін: шыны мата (1-сурет); екі компонентті эпоксидті шайыр; бір үрлемелі пакер (2-сурет) қолданылады; жабдықтар мен қосалқы жабдықтар - пакерді толтыруға және босатуға арналған қолмен сорғы, пакерді толтыруға және босатуға арналған ТҚП (төмен қысымды полиэтилен) шлангтары.



1-сурет – Шыны мата

Жұмысты бастамас бұрын ГИЗ деректері (геофизикалық зерттеулер) корпус ішіндегі ұңғыма бойынша ағымдағы каротаж әдісімен корпус тұтастығының бұзылу әдісін, саны мен дәрежесін қолданудың орындылығын анықтау үшін талданады.

Бұдан әрі ақауды жою жөніндегі жұмыстарды жүргізер алдында корпустың оқпанын жуу және тазарту бойынша іс-шаралар жүргізіледі.

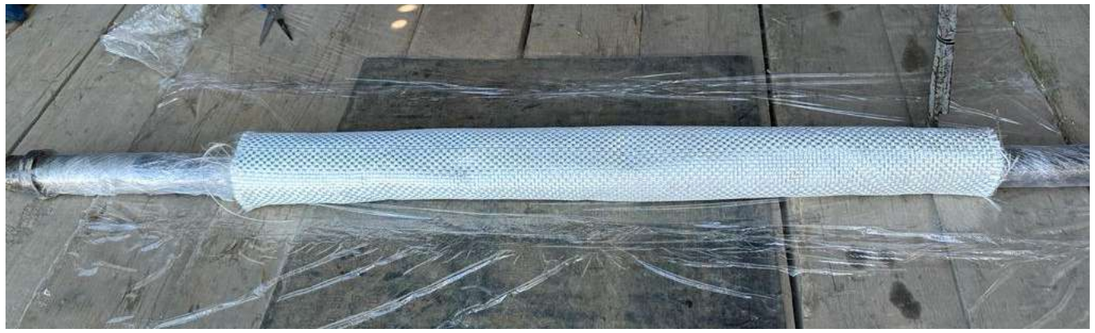
Ағымдағы каротаждың ГИЗ нәтижелерімен танысқаннан кейін олар механизмдерді, қосылыстарды және техникалық құралдардың жарамдылығын тексере бастайды.

2-сурет – Үрлемелі пакер

Пакерді ұңғымаға түсірмес бұрын дайындық жұмыстары келесідей жүргізіледі. Оның жұмыс бөлігі сыммен бекітілген шайырға малынған шыны матамен оралған (3-сурет). Жөндеу материалы бар дайындалған пакер лебедка кабеліне және ауа айдау және жүйені босату шлангтарына қосылады. Берілген аралықта пакер лебедканың көмегімен түсіріледі. Лебедканы тоқтатып, оны қол тежегішіне

бекітіңіз. Пакерді толтыру желісіне қол сорғысының көмегімен 22-25 атм қысыммен су беріледі. Бұл қысым пакерді үрлеу үшін жеткілікті, ол зертханалық зерттеулерді жер бетінде тәжірибелік жолмен жүргізу кезінде алдын ала анықталған. Қаптаманың жұмыс бөлігі мен қаптаманың ішкі бөлігіне тиіп, шыны талшықты корпустың зақымдалған бөлігімен байланыстыру үшін қаптаманы үрлеген сәттен бастап 65-70 минут күтіңіз, содан кейін жүйеден суды ағызып, қаптаманы корпустан көтеріп, шығарып алыңыз. Толтыру желісі жүйесі босатылады, пакер ластанудан тазартылады және кешен келесі ұңғымаға дайындалады. Жұмыс аяқталғаннан кейін үш сағаттан кейін (бұл уақыт желімнің түпкілікті қатаюы үшін қажет) корпустағы ақауларды нақтылау үшін ГИЗ ток каротажын жүргізеді.

«Волковгеология» АҚ Ирколь және Хорасан бұрғылау жұмыстарының учаскелерінде ұңғымаларды игеруге арналған қондырғыны қолдана отырып, қаптаманың ақауларын жою технологиясын далалық сынау жүргізілді, бұл пакерді пысықтау қажет екенін көрсетті, атап айтқанда, қаптаманың үлкен аумағындағы ақауларды жою үшін оның жұмыс бөлігін ұзарту; қаптаманың үлкен аумағындағы ақауларды жою үшін орталық түтікті (өзекті) ауырлату, пакердің пайда болуын болдырмау. Сонымен қатар, түсу кезінде шыны матаның жылжуын болдырмау үшін резеңке тығыздағыштар жасау керек, олар да орталықтандырғыш рөлін атқарады.



3-сурет – Ұңғымаға түсуге дайындалған пакер

Қаптама бағаналарының ақауларын жою технологиясын қолдану үшін жабдықты бірыңғай жылжымалы РВР-кешеніне орналастыруға болады, оған пакерді үрлеу үшін сұйықтықты Түсіру-көтеру және беру үшін 15/5 мм қимасы бар агрессивті ортаға күшейтілген және химиялық төзімді мамандандырылған ұңғымалық капиллярлық құбыр қосылады; жүкшығырмен кабель; ұңғымалық капиллярлық құбырға арналған қосқыш элементтер; пакерды босату жүйелері (тексеру клапаны); 60 бар электрлік қысу сорғысы, электр жетегі бар геофизикалық лебедка; ұңғымаға түсетін ұңғымалық капиллярлық құбырдың ұзындығын бағыттауға және өлшеуге арналған тереңдік датчигі бар блок-баланс (геофизикалық ролик); басқару блогын, тереңдік датчигін, магниттік белгі датчигін қамтитын тереңдікті өлшеу жүйесі; ток және бейне каротаж жүргізуге арналған қажетті жабдық. РВР кешені тіркеме немесе борттық машина негізінде орнатылады.

Корпустың ақауларын жоюдың ұсынылған технологиясын қолдану корпустың ақауларына байланысты технологиялық ұңғымаларды қайта бұрғылау санын азайтуға мүмкіндік береді, технологиялық ұңғымаларды салу және пайдалану кезінде уақыт пен материалдардың өнімсіз шығындарын азайтуды қамтамасыз етеді.

ТЕХНОЛОГИЯ УСТРАНЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ОБСАДНОЙ КОЛОННЫ

Хазов Р.В., Сыгаев Е.М., Шалбаев Ж.С., Султанов Е.Е., Щодро Ю.В., Латыпова Ю.А., Мушрапилов А.А.
АО «Волковгеология», Алматы, Казахстан

Обсадные колонны (ОК) предназначены для изоляции стенок скважин от рабочего пространства ствола в процессе эксплуатации и обеспечивают требуемую прочность и герметичность при воздействии на них внутренних и внешних воздействий, в первую очередь, горного и пластового давления.

Дефекты ОК могут возникать при различных обстоятельствах: при изготовлении обсадных труб, при их транспортировке и хранении, при сооружении и эксплуатации скважины.

Известно достаточное количество способов по устранению дефектов ОК, используемых в нефтяной промышленности, но далеко не все возможно адаптировать и использовать для технологических скважин подземного скважинного выщелачивания (ПСВ). Это связано и с материалом обсадных труб для технологических скважин (поливинилхлорид), и с конструкцией скважины, глубиной, технологией эксплуатацией и методами проведения ремонтно-восстановительных работ.

Специалистами филиала АО «Волковгеология» была предложена технология устранения дефектов ОК. В повреждённый участок обсадной трубы технологической скважины спускают надувной пакер со специальным материалом, обработанный клеем, которым и восстанавливают герметизацию, перекрывают интервал повреждения. Для применения этой технологии применяют: стеклоткань (рисунок 1); двухкомпонентную эпоксидную смолу; пакер одинарный надувной (рисунок 2); оснастку и вспомогательное оборудование - ручной насос для наполнения и опорожнения пакера, шланги ПНД (полиэтилен низкого давления) для наполнения и опорожнения пакера.

Перед началом работ анализируют данные ГИС (геофизические исследования) методом токового каротажа по скважине внутри обсадной колонны для определения целесообразности применения метода, количества и степени нарушений целостности обсадной колонны.

Далее проводят мероприятия по промывке и очищению ствола обсадной колонны перед проведением работ по устранению дефекта.

После ознакомления с результатами ГИС токового каротажа, приступают к проверке механизмов, соединений и исправности технических средств.

TECHNOLOGY FOR ELIMINATING CASING STRINGS DEFECTS

Khazov R.V., Sygaev E.M., Shalbaev J.S., Sultanov E.E., Shchodro Y.V., Latypova Y.A., Mushrapilov A.A.
Volkovgeology JSC, Almaty, Kazakhstan

Casing strings are designed to isolate well walls from the working space of the wellbore during operation and provide the required strength and tightness under the influence of internal and external influences, primarily rock and formation pressure.

Casing string defects can occur under various circumstances: during casing string fabrication, during transportation and storage, during well construction and operation.

There are enough casing string defect elimination methods used in the oil industry, but not all of them can be adapted and used for process wells of in-situ leaching (ISL). This is due to the material of casing for process wells (polyvinylchloride), well design, depth, operation technology and methods of workover operations.

Specialists of the Volkovgeology JSC branch proposed a technology of casing string defect elimination. An inflatable packer with a special material treated with glue is inserted into the damaged section of the casing of the process well, which is used to restore sealing and cover the damage interval. To apply this technology the following are used: glass fabric (Figure 1); two-component epoxy resin; single inflatable packer (Figure 2); tooling and auxiliary equipment - hand pump for filling and draining the packer, HDPE (low-pressure polyethylene) pipes for filling and draining the packer.

Before starting work, GIS data (geophysical surveys) are analyzed using the current logging method along the well inside the casing strings to determine the feasibility of using the method, the number and degree of violations of the integrity of the casing strings.

The next step is to flush and clean the casing string before the defect repair works.

After reviewing with the results of GIS current logging, proceed to check the mechanisms, connections, and serviceability of technical equipment.

Before running the packer into the well, preparatory works are carried out as follows. Its

Перед спуском пакера в скважину, подготовительные работы проводят следующим образом. Его рабочую часть обматывают пропитанной смолой стеклотканью, которую фиксируют с помощью проволоки (рисунок 3). Подготовленный пакер с ремонтным материалом подсоединяют к тросу лебедки и шлангам нагнетания воздуха и опорожнения системы. В заданный интервал пакер спускают с помощью лебедки. Остановив лебедку, фиксируют ее на ручном тормозе. В линию заполнения пакера подают воду под давлением 22-25 атм при помощи ручного насоса. Этого давления достаточно для надувания пакера, что было предварительно определено при проведении лабораторных исследований опытным путём на поверхности. Ожидают 65-70 минут от момента надувания пакера для соприкосновения рабочей части пакера и внутренней части ОК и склеивания стеклоткани с повреждённым участком ОК, затем стравливают воду из системы, и производят подъем и извлечение пакера из ОК. Систему линии заполнения опорожняют, пакер очищают от загрязнений и комплекс готовят к следующей скважине. Через три часа после завершения работ (это время необходимо для окончательного затвердевания клея) проводят ГИС токовый каротаж для уточнения устраненных дефектов в ОК.

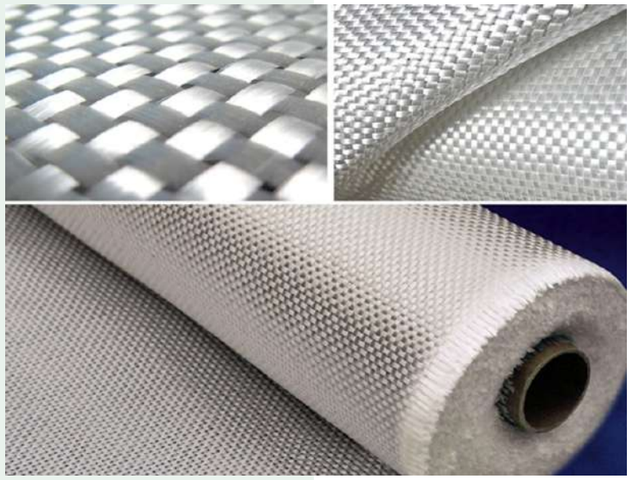


Рисунок 1 – Стеклоткань / Figure 1 – Fiberglass

Рисунок 2 – Надувной пакер / Figure 2 – Inflatable packer

Полевые испытания технологии устранения дефектов ОК проводились на участках буровых работ АО «Волковгеология» Ирколь и Хорасан с использованием установки для освоения скважин (УОС), которые показали, что необходима доработка пакера, а именно - удлинение его рабочей части для устранения дефектов на большей площади ОК; утяжеление центральной трубки (штока) для предотвращения всплывания пакера. Кроме того, для предотвращения смещения стеклоткани при спуске необходимо изготовить резиновые сальники, которые будут также играть роль центраторов.

Для применения технологии устранения дефектов ОК возможна компоновка оборудования в единый мобильный РВР-комплекс, в который будет включен специализированный скважинный капиллярный трубопровод, армированный и химически стойкий к агрессивным средам сечением 15/5 мм для спуска-подъема и подачи жидкости для надувания пакера; трос с лебедкой; соединительные элементы для скважинного капиллярного трубопровода; системы опорожнения пакера (обратный клапан); электрический опрессовочный насос на 60 бар, геофизическая лебедка с электроприводом; блок-баланс (ролик геофизический) с шестеренкой под датчик глубины для направления и измерения длины скважинного капиллярного трубопровода, спускаемого в скважину; система измерения глубины, включающая в себя блок управления, датчик глубины, датчик магнитных меток; необходимое оборудование для проведения токового и видео каротажа. РВР-комплекс будет смонтирован на базе прицепа или бортовой машине.

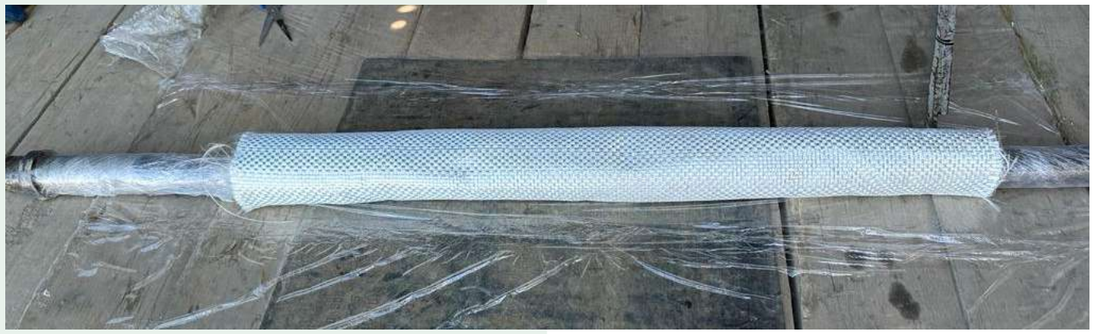


Рисунок 3 – Подготовленный к спуску в скважину пакер / Figure 3 - Packer prepared for running into the well

Применение предложенной технологии устранения дефектов ОК позволит сократить количество перебуров технологических скважин из-за дефектов обсадных труб, обеспечит снижение непроизводительных затрат времени и материалов при сооружении и эксплуатации технологических скважин.

Field tests of the casing string defect elimination technology were conducted at the drilling sites of JSC «Volkovgeologiya» Irkol and Khorasan using a well completion plant (WCP), which showed that it is necessary to modify the packer, namely - lengthening of its working part to eliminate defects on a larger area of the casing; weighting of the central tube (rod) to prevent floating of the packer. In addition, to prevent displacement of the fiberglass during launching it is necessary to make rubber glands, which will also play the role of centralizers.

To apply the technology of casing string defect elimination it is possible to assemble the equipment into a single mobile RVR-complex, which will include a specialized downhole capillary pipeline, reinforced and chemically resistant to aggressive media with a cross-section of 15/5 mm for descending-lifting and supply of fluid for packer inflation; a rope with a winch; connecting elements for downhole capillary pipeline; packer emptying system (check valve); electric pressure pump for 60 bar, geophysical winch with electric drive; block-balance (geophysical roller) with a gear for depth gauge to guide and measure the length of downhole capillary pipeline run into the well; depth measurement system including control unit, depth gauge, magnetic mark sensor; necessary equipment for current and video logging. The RVR complex will be mounted on a trailer or flatbed truck.

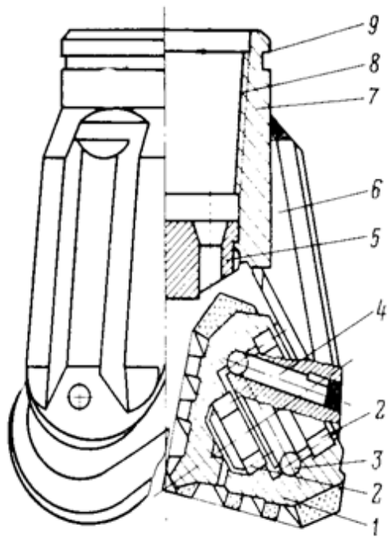
Application of the proposed technology of casing string defects elimination will allow to reduce the number of re-drilling of process wells due to casing defects, will provide reduction of non-productive time and materials costs during construction and operation of process wells.

ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ҰҢҒЫМАЛАРДЫҢ ОҚПАНЫН КЕҢЕЙТУГЕ АРНАЛҒАН ШАРЖЫЛЫ ҚАШАУ

Хазов Р.В., Мушрапилов А.А., Шавхалов А.Р., Латыпова Ю.А.
«Волковгеология» АҚ, Алматы, Қазақстан

Технологиялық ұңғыманың кернсіз интервалын бұрғылау кезінде негізінен кесетін текті тас кесетін аспаптар қолданылады. Бұл екі, үш және төрт қалақты сатылы гидромониторлы пикобұрғылар, олар гидравликалық бақылау арналары бар және қалақшаның шеткі бөлігінің бойымен карбидті кескіштердің сатылы орналасуы бар кескіш типті тас кесетін аспаптар.

Ұңғыма оқпанын кеңейту диаметрі 190, 215, 244, 295, 320 мм М, С, Т типті сериялық шаржы тәрізді қашаулармен жүргізіледі (1-сурет).



1-шаржы,
2-роликтер,
3-шарлар,
4-түйреуіш,
5-жуу тесіктері бар тақта,
6-табан,
7-корпус,
8-бекіту жіптері,
9-таңбалауға арналған белдік

Рисунок 1 - Шаржылы қашау

Шаржының жұмысының кинематикасы қашау айналған кезде ол өз осінің айналасындағы салыстырмалы қозғалысқа және қашау осінің айналасындағы портативті айналмалы қозғалысқа қатысу арқылы күрделі қозғалыс жасайды. Екі айналмалы қозғалысты қосқанда, шаржы белгілі бір лездік осьтің айналасында айналады. Лездік осьтің орналасуына байланысты тістің кенжармен өзара әрекеттесу сипаты өзгереді. Шаржыны кенжарға айналдырған кезде, жүктемені жынысқа беру қысқа мерзімді болып табылады, бұл қашаудың қаружарағының тозуын азайтады. Бұл жағдайда пайда болатын динамикалық жүктемелер жыныстың қарқынды бұзылуына ықпал етеді. Шаржылы қашаудың дизайны оның жұмысына және кенжардағы тау жыныстарының жойылу сипатына әсер етеді. Шаржылы қашаудың құрылымдық ерекшеліктері оны ұңғымаларды үздіксіз кенжармен бұрғылау кезінде, яғни шаржының ауданы ұңғыманың кенжарына тиген кезде барынша тиімді пайдалануға мүмкіндік береді.

Сондай-ақ, ұңғыма оқпанын кеңейту (диаметрін ұлғайту) кезінде шаржылы қашаулар өте жиі қолданылады, бұл мұндай тас кесетін құралдың дизайнын тиімді пайдалану емес.

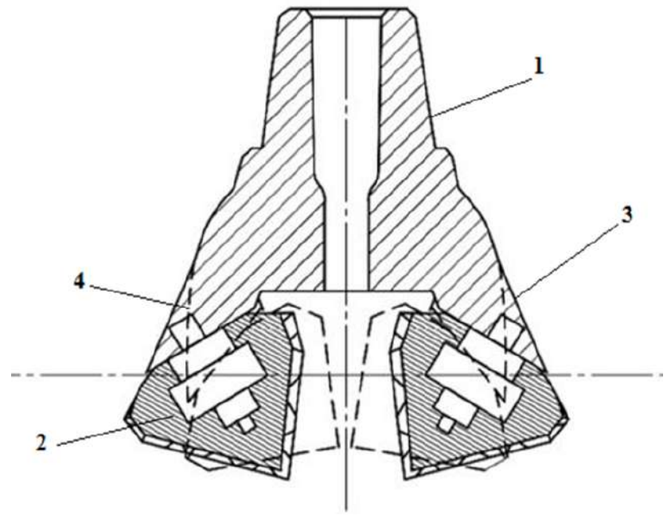
Бөлшектеу кезеңінде технологиялық ұңғымаларды салу кезінде жиі кездесетін мәселе - тау жыныстарының жойылу сипатына байланысты (шаржылы қашау) ТКҚ-ды шамадан тыс тұтыну. Айналу моментін қашауға беру кезінде доптардың жанасу аймағы минималды, негізгі жүктеме қашау корпусына түседі, сондықтан оның тез тозуы орын алады. Тағы бір мәселе - қосымша түсіру - көтеру операцияларын жүргізуге кететін уақыт ТКҚ-ды ауыстыру кезінде, бұл жалпы өнімділіктің төмендеуіне әкеледі.

ЦОМЭ «Волковгеология» АҚ филиалының мамандары «Аппак» бұрғылау жұмыстары учаскесінде ұңғыма оқпанын диаметрі 190 мм-ге дейін кеңейтуге арналған тау жыныстарын бұзатын құралдың жаңа конструкциясын ұсынды.

Суретте көрсетілгендей, шаржылы кеңейткіш (2-сурет) 1 бұрандалы жалғағыш емізіктен, оларға бекітілген шаржылары бар үш кеңейткіш бөлімнен тұрады 2. 3 біріктірілген кеңейткіш бөлігінің артқы жағы қашаудың төменгі жағына қарай кеңейетін конустық бетті құрайды. Нүктелі сызық 4 сериялық шаржы қашауының бөлімдері мен шаржылардың арқалықтарының орналасуын көрсетеді.

Қашау дизайнының бұл өзгеруі жуу сұйықтығының ағынын, шаржылардың ұңғыма қабырғасымен жанасу аймағын арттыруға мүмкіндік береді, бұл ұңғыма оқпанын тиісті диаметрге дейін кеңейту кезінде тиімді бұзылуға әкеледі.

Диаметрі 190 мм болатын үшшаржылы кеңейткіш диаметрі 161 мм болатын пайдаланылған шаржылы қашаулардан жасалған. Автогенді газбен дәнекерлеу арқылы шаржылы қашаудың корпусынан үш табан кесіліп, қашаудың диаметрі 190 мм болатындай етіп корпусқа басқа бұрышпен дәнекерленді.



2-сурет - Ұсынылған шаржылы кеңейту конструкциясы

«Аппак» учаскесінде диаметрі 190 мм болатын бес үшшаржылы кеңейткішпен орташа тереңдігі 363 м болатын 15 ұңғыма бұрғыланды. Осылайша, үшшаржылы кеңейткіштің далалық сынақтары үш ұңғыманы «бөлшектеу» кезеңін жүргізу үшін кеңейткіштің ресурсы жеткілікті екенін көрсетті.

Үшшаржылы кеңейткішті қолданудан сынақтар жүргізу уақытына нақты экономикалық әсер 915 мың теңгені құрады.

Диаметрі 190 мм үшшаржылы кеңейткішті пайдалану технологиялық ұңғымаларды салудың дәстүрлі технологиясынан диаметрі 190 мм үшшаржылы қашауды пайдалануды алып тастауға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде «Аппак» бұрғылау жұмыстары учаскесінде де, «Волковгеология» АҚ бұрғылау жұмыстарының басқа учаскелерінде де ТМҚ шығындарын және қосымша түсіру-көтеру операцияларына арналған уақыт шығындарын қысқартуға әкеледі.

ШАРОШЕЧНОЕ ДОЛОТО ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ СТВОЛА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН

Хазов Р.В., Мушрапилов А.А., Шавхалов А.Р., Латыпова Ю.А.
АО «Волковгеология», Алматы, Казахстан

При проходке бескернового интервала технологической скважины используется преимущественно породоразрушающий инструмент режущего типа. Это двух-, трех-, и четырехлопастные ступенчатые гидромониторные пикобуры, представляющие собой породоразрущающий инструмент режущего типа с гидромониторными каналами и ступенчатым расположением твердосплавных резцов по периферийной части лопасти.

Расширение ствола скважины производится серийными шарошечными долотами типа М, С, Т диаметром 190, 215, 244, 295, 320 мм (рисунок 1).

ROLLER CONE BIT FOR REAMING PROCESS WELLBORES

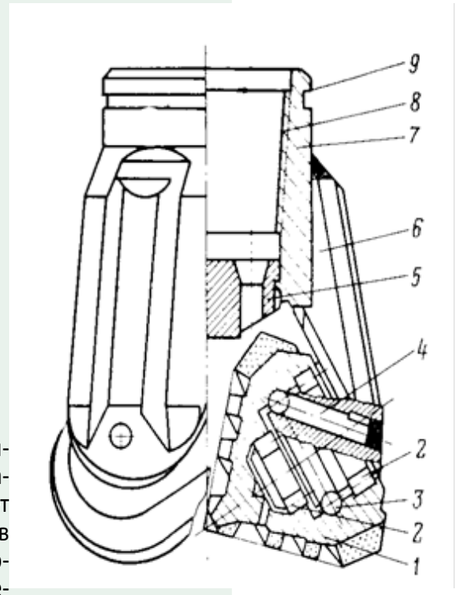
Khazov R.V., Mushrapilov A.A., Shavkhalov A.R., Latypova Y.A..
Volkovgeology JSC, Almaty, Kazakhstan

While penetrating the coreless interval of a technological well, cutting-type rock-destroying tools are used predominantly. These are two-, three-, and four-bladed stepped hydro-monitor picks, which are rock-destroying tools of cutting type with hydro-monitor channels and stepped arrangement of carbide cutters on the peripheral part of the blade.

Wellbore reaming is performed with serial M, C, T type roller cone bits of 190, 215, 244, 295, 320 mm diameter (Figure 1).

1 - шарошка,
2 - ролики,
3 - шарики,
4 - штифт,
5 - плита с промывочными отверстиями,
6 - лапа,
7 - корпус,
8 - резьба присоединительная,
9 - поясок для маркировки

Рисунок 1 - Шарошечное долото



1 - cone,
2 - rollers,
3 - balls,
4 - pin,
5 - plate with flushing holes,
6 - foot,
7 - housing,
8 - connecting thread,
9 - belt for marking.

Figure 1 - Roller cone

Кинематика работы шарошки состоит в том, что при вращении долота она совершает сложное движение, участвуя в относительном движении вокруг собственной оси и переносном вращательном движении вокруг оси долота. При сложении двух вращательных движений шарошка совершает вращение вокруг некоторой мгновенной оси. В зависимости от положения мгновенной оси меняется характер взаимодействия зубца с забоем. При перекатывании шарошки по забою передача нагрузки на породу носит кратковременный характер, что уменьшает износ вооружения долота. Создаваемые при этом динамические нагрузки способствуют интенсивному разрушению породы. Конструкция шарошечного долота влияет на его работу и характер разрушения породы на забое. Конструктивные особенности шарошечного долота позволяют максимально эффективно использовать его при бурении скважин сплошным забоем, т.е. при соприкосновении площади шарошек к забою скважины.

Также шарошечные долота очень часто используют при расширении (увеличение диаметра) ствола скважины, что является не эффективным использованием такой конструкции породоразрушающего инструмента (ПРИ).

The operation kinematics of the roller cone is that during bit rotation it performs a complex motion, participating in relative motion around its own axis and translational rotational motion around the bit axis. By adding the two rotational motions, the roller cone performs rotation around some instantaneous axis. Depending on the position of the instantaneous axis, the character of interaction between the bit and the bottom hole changes. While rolling the cutter over the bottom hole, the load transfer to the rock is short-term, which reduces wear of the bit armament. Dynamic loads created in this process contribute to intensive rock destruction. The design of a roller cone bit affects its operation and character of rock destruction at the bottom hole. The design features of a roller cone bit allow to use it most effectively when drilling wells with a solid bottom hole, i.e. when the cone area is in contact with the bottom hole.

Also, roller cone bits are very often used for reaming (increasing the diameter) of the wellbore, which is not an efficient use of such a rock destruction tool (RDT) design.

The most common problem that arises when constructing process wells during the drilling phase is excessive consumption of the roller cone bit due to the nature of rock fracture. During torque transmission to the bit, the contact area between the cones is minimal, and the main load is on the bit body, which causes its rapid wear. Another problem is the time required to perform additional downhole operations to replace the RDT, which results in lower productivity in general.

The specialists of CEME Volkovgeology branch proposed a new design of rock-destroying tool for reaming the borehole to 190 mm diameter at the Appak drilling site.

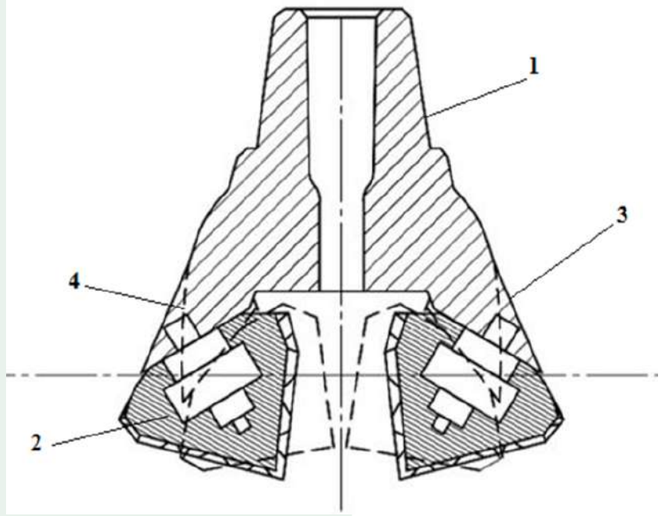


Рисунок 2 - Предлагаемая конструкция шарошечного расширителя / Figure 2 - Proposed design of a roller cone reamer

Наиболее часто возникающая проблема при сооружении технологических скважин во время проведения этапа разбурки - чрезмерный расход ПРИ (шарошечного долота), связанный с характером разрушения пород. При передаче крутящего момента на долото площадь соприкосновения шарошек минимальная, основная нагрузка приходит на корпус долота, из-за чего и происходит его быстрый износ. Еще одна проблема - затраты времени на проведение дополнительных спуско-подъемных операций для замена ПРИ, что влечет за собой снижение производительности в целом.

Специалистами филиала АО «Волковгеология» ЦОМЭ была предложена новая конструкция породоразрушаещего инструмента, предназначенного для расширения ствола скважины до диаметра 190 мм на участке буровых работ «Аппак».

Как показано на рисунке, шарошечный расширитель (рисунок 2) состоит из присоединительного ниппеля с резьбой 1, трех секций расширителя с закрепленными на них шарошками 2. Спинки 3 соединенных секций расширителя образуют конусную поверхность, расширяющуюся по направлению к нижней части долота. Пунктирной линией 4 показано положение спинок секций и шарошек серийного шарошечного долота.

Такое изменение конструкции долота позволяет увеличить поток промывочной жидкости, площадь соприкосновения шарошек со стенкой скважины, что ведет к более эффективному разрушению при расширении ствола скважины до соответствующего диаметра.

Трехшарошечный расширитель диаметром 190 мм изготовили из бывших в употреблении шарошечных долот диаметром 161 мм. При помощи газосварки автогена из корпуса шарошечного долота вырезали три лапы, и приварили обратно к корпусу под другим углом так, чтобы диаметр долота составил 190 мм.
На участке «Аппак» пятью трехшарошечными расширителями диаметром 190 мм было разбурено 15 скважин со средней глубиной 363 м. Таким образом, полевые испытания трехшарошечного расширителя показали, что ресурса расширителя достаточно для проведения этапа «разбурки» трёх скважин.

Фактический экономический эффект на время проведения испытаний от применения трехшарошечного расширителя составил 915 тыс. тенге.

Использование трехшарошечного расширителя диаметром 190 мм позволит исключить из традиционной технологии сооружения технологических скважин применение трехшарошечного долота диаметром 190 мм, что, в свою очередь, приведет к сокращению расходов на ТМЦ и временных затрат на дополнительные спускоподъёмные операции на как на участке буровых работ «Аппак», так и на других участках буровых работ АО «Волковгеология».

As shown in the figure, the cone reamer (Figure 2) consists of a threaded nipple 1, three reamer sections with cones 2 fixed on them. The backs 3 of the connected reamer sections form a conical surface extending towards the bottom of the bit. The dotted line 4 shows the position of backs of sections and cones of a serial roller cone bit.

This change in bit design allows to increase the flushing fluid flow and the area of contact between the cones and the borehole wall, which leads to more efficient fracturing when reaming the wellbore to the appropriate diameter.

Three-cone reamer with diameter of 190 mm was made of used 161 mm diameter roller cone bits. Using autogen gas welding, three legs were cut out of the roller cone bit body and welded back to the body at a different angle so that the bit diameter was 190 mm.

At the Appak site, five 190 mm diameter three-cone reamers drilled 15 wells with an average depth of 363 meters. Thus, field tests of the three-cone reamer showed that the reamer resource is sufficient for the «drilling» stage of three wells.

The actual economic effect at the time of testing from the application of the three-cone reamer amounted to 915 000 KZT.

The use of a 190 mm diameter three-cone reamer will eliminate the use of a 190 mm diameter three-cone bit from the traditional technology of construction of technological wells, which, in turn, will lead to a reduction in the cost of materials and supplies and time costs for additional tripping operations both at the drilling site «Appak» and at other drilling sites of Volkovgeology JSC.

Ядерное общество Казахстана

МОЛОДЕЖНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

коммуникационная площадка:
Информационный Центр по атомным технологиям

УРАН ӨНДІРУ ҚЫЗМЕТІНІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАУАПКЕРШІЛІГІ

Токпанбетов М.Б.[1], Балабиев Т.Д.[1], Перменев Ю.Г.[2], Панова Е.Н.[2], Агапов О.А.[2], Большакова Н.А.[2]
[1]«Қазатомөнеркәсіп-SaUran» ЖШС,
[2]«Жоғары технологиялар институты» ЖШС

«Қазатомөнеркәсіп-Сауран» ЖШС уран өндіру қызметін жүзеге асыру кезінде экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету мақсатында алғаш рет 2020 және 2023 жылдары кеніштерге іргелес аумақтарда және жақын маңдағы елді мекендерде (Қыземшек кенті, Таукент кенті, Қайнар ауылы және Жыныс Ата ауылы) кешенді экологиялық зерттеулер жүргізілді, жергілікті тұрғындар үшін экологиялық тәуекелдер бағаланды. Жүргізілген екі жылдық зерттеулер жер қойнауын пайдалану шекарасынан тыс өндірістік қызметтің әсерін анықтаған жоқ, елді мекендердегі экологиялық жағдай тұрақты және табиғи фонның жағдайына сәйкес келеді.

КІРІСПЕ

«Қазатомөнеркәсіп-SaUran» ЖШС (бұдан әрі – кәсіпорын) Қазақстан Республикасы Түркістан облысы Созақ ауданының аумағында табиғи уран өндіруді жүзеге асырады. Кәсіпорын болу аймағында қоршаған табиғи ортаны сақтау үшін жауапкершілік алады. Кәсіпорында радиациялық қауіпті объект ретінде

1 – сурет - Жыныс-Ата ауылында топырақ сынамаларын алу

өндірістік қауіпсіздік, радиоактивті қалдықтармен жұмыс істеу нормалары қатаң сақталады. Қазақстандық экологиялық заңнамаға сәйкес өндірістік экологиялық бақылау бағдарламасы орындалады, оның мақсаты кәсіпорын аумағында және санитариялық-қорғау аймағында топырақтың, судың, атмосфералық ауаның экологиялық жай-күйін бақылау, Қазақстан Республикасының Қоршаған ортаны қорғау саласындағы уәкілетті органы белгілеген нормативтердің орындалуын бақылау болып табылады. Жергілікті халықтың адам денсаулығына радиациялық әсер ету салдары туралы алаңдаушылығын түсіне отырып, кәсіпорын басшылығы 2020 және 2023 жылдары кәсіпорын шекарасынан 10 км-ге дейінгі

қашықтықта және жақын елді мекендерде кеніштерге іргелес аумақтарда кешенді экологиялық зерттеулер жүргізуге бастамашылық жасады. Топырақтың, жер асты және ауыз сулардың экологиялық жағдайы зерттелді, қоршаған табиғи ортаның қолайлы жағдайының индикаторы ретінде биоәртүрліліктің жай-күйін бағалауға ерекше назар аударылды.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Кәсіпорын орналасқан ауданда тұратын жергілікті тұрғындар негізінен Таукент, Қайнар, Жыныс-Ата (Қаратау тау бөктеріндегі алқап) елді мекендерінде және Қыземшек кентінде (Бетпақ Дала шөлі) шоғырланған. Кәсіпорынға іргелес аумақтарда мал жайылады, барлық жергілікті су көздерін халық шаруашылық-тұрмыстық мақсаттарда және малды суару үшін пайдаланады.

Экологиялық зерттеулер және нәтижелер

Жер жамылғысы. Уран өндіру қызметінің маркер-заттарының (pH, сульфаттар, радиациялық көрсеткіштер) және топырақтың экологиялық жай-күйінің басқа да көрсеткіштеріне зерттеулер жүргізілді (1-кесте, 1-сурет). Іргелес аумақтарда 2020 жылы альфа- және бета-белсенділіктің орташа көрсеткіштері

2-сурет - Құдықтан табиғи су сынамаларын алу («Уванас» кенішінің ауданы)

337 және 626 БК/кг, елді мекендерде 400 және 610 БК/кг құрады, бұл санитарлық-гигиеналық көрсеткіштерден (1200 БК/кг) аспайды [1] және фондық көрсеткіштерге сәйкес келеді-350 БК/кг және 630 БК/кг. Шахталарға іргелес аумақтардағы топырақ – өсімдік жамылғысы негізінен реттелмеген дала жолдары мен мал жаю арқылы бұзылады.

1-кесте - ҚО объектілерінде анықталатын параметрлер тізбесі

№	ҚО нысаны	Анықталатын параметрлер тізімі
1	Топырақ	pH, сульфаттар, нитраттар, жиынтық меншікті альфа-белсенділігі, жиынтық меншікті бета-белсенділігі, топырақтың су сығындысының тығыз қалдығы, Al, As, Bi, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, U, V, Zn, МЭД (фон, таңдау орны), альфа-бөлшектердің ағынының тығыздығы (фон, іріктеу орны), топырақты физика-химиялық зерттеу.
2	Су	pH, құрғақ қалдық, бикарбонаттар, жалпы қаттылық , хлоридтер, нитраттар, нитриттер, фосфаттар, жиынтық меншікті альфа- белсенділігі, жиынтық меншікті бета- белсенділігі, Ag, Al, As, Bi, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V, Zn, U.

3-сурет - Құдықтан ауыз су сынамаларын алу (жеке үй, Қайнар ауылы)

Табиғи және ауыз су. Зерттеу нәтижелері бойынша 2020 жылы (2, 3-суреттер) табиғи судың pH деңгейі табиғи мәндер шегінде болды, зерттелген ұңғымалардан алынған су табиғи түрде минералдануы, қаттылығы, хлорид құрамы, альфа және бета-белсенділігі жоғары және ауыз су мақсатында пайдалану үшін қосымша су дайындаудан (сүзуден) өтуі тиіс. Елді мекендерде орталықтандырылған сумен жабдықтаудан алынатын ауыз судың сипаттамалары ауыз су сапасының нормативтеріне сәйкес келеді.

4-сурет - Дала агамасы (Trapelus sanguinolentus). Канжуган кенішінде кездеседі

5-сурет - Орта Азия тасбақасы (Testudo horsfieldii), IUCN тізіміне енгізілген. Канжуган кенішінің маңында табылған.

Аймақта табиғи сипаттағы табиғи себептерден туындауы мүмкін радиоактивтілік деңгейінің жоғарылауымен өздігінен төгілетін ұңғымалар мәселесі бар. Бұл мәселе одан әрі зерттелуі керек.

2023 жылғы топырақ пен суды зерттеу нәтижелері 2020 жылғы зерттеулермен салыстырғанда айтарлықтай өзгерістерді көрсетпеді, бұл тұрақты экологиялық жағдайды көрсетеді.

Биоалуантүрлілік. Кәсіпорын құрамына әртүрлі табиғи аймақтарда орналасқан бес кеніш – Бетпақ даланың сусыз сазды шөліндегі «Шығыс Мыңқұдық» және «Уванас» кеніштері, Қаратау тау бөктеріндегі «Қанжуған» кеніші, Мойынқұм құмды алқабындағы «Орталық Мойынқұм» және «Оңтүстік Мойынқұм» кеніштері кіреді. Бұл аумақтарда флора мен фаунаның алуан түрлілігі бар (Жоғары өсімдіктердің 80 түріне дейін, сүтқоректілердің 22 түрі, құстардың 268 түрі, герпетофаунаның 18 түрі, оның ішінде сирек кездесетін және қызыл кітап түрлері (4-6 суреттер). Орнитофаунаның әртүрлілігі негізгі орнитологиялық аймақтармен және қоныс аударатын құстардың көші-қон жолдарымен байланысты. Қатысу аймағында биоалуантүрлілікті сақтау – ҚР экологиялық заңнамасына, халықаралық конвенцияларға және орнықты даму қағидаттарына (ESG) сәйкес кәсіпорынның стратегиялық мақсаты. Биоалуантүрліліктің жай-күйін бағалау мақсатында зерттелетін аумақтардың егжей-тегжейлі геоботаникалық сипаттамасы жүргізілді, зерттеулермен жануарлар белсенділігінің барлық негізгі маусымдары – көктемнің басы, көктем-жаз, жаз және жазкүз кезеңдері қамтылды, маңызды мекендеу орындары байқалды. Уран өндіру қызметінің жануарлардың түрлік құрамына әсері байқалмады. Өсімдік жамылғысының өзін-өзі емдеуі (жолдың, жайылымның өсуі) арамшөптердің, рудеральды түрлердің пайда болуымен бірге жүреді.

4-сурет - Дала агамасы (Trapelus sanguinolentus). Канжуган кенішінде кездеседі

5-сурет - Орта Азия тасбақасы (Testudo horsfieldii), IUCN тізіміне енгізілген. Канжуган кенішінің маңында табылған.

6 - сурет - Қорған ұясы (Buteo rufinus). Шығыс Мыңқұдық кенішінің ауданы

ҚОРЫТЫНДЫ

«Қазатомөнеркәсіп-SaUran»» ЖШС кеніштеріне іргелес жатқан аумақтарда жүргізілген екі жылдық экологиялық зерттеулер уран өндіру қызметінің ҚО-ға әсерін анықтаған жоқ. Бұған уран кендерін жерасты ұңғымалық шаймалау әдісінің экологиялылығы, сондай-ақ кәсіпорындағы өндірістік қауіпсіздікті қамтамасыз етудегі заманауи тәсілдер, радиоактивті қалдықтармен жұмыс істеуді қатаң бақылау және ҚО-ға әсер етудің шекті рұқсат етілген нормативтерін орындау арқылы қол жеткізіледі. Кәсіпорын сонымен қатар кеніштерге іргелес аумақтардағы және жақын маңдағы елді мекендердегі ҚО объектілерінің жай-күйін бақылайды. Екі жылдық зерттеу нәтижелері бойынша (2020, 2023 жж.) экологиялық жағдай тұрақты болып қалады, радиациялық көрсеткіштер фондық деңгейге сәйкес келеді.

«Қазатомөнеркәсіп-SaUran» ЖШС уран өндіру қызметін жалғастыра отырып, іргелес аумақтар мен елді мекендерге одан әрі экологиялық мониторинг жүргізетін болады, сондай-ақ мүдделі тараптарға өзекті экологиялық ақпарат беретін болады.

ӘДЕБИЕТ

1. «Радиациялық қауіпті объектілерге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» (РҚОҚСЭТ) санитариялық қағидалары № ҚР ДСМ-90 25.08.2022 ж.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ УРАНОДОБЫВАЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Токпанбетов М.Б.[1], Балабиев Т.Д.[1], Перменев Ю.Г.[2], Панова Е.Н.[2], Агапов О.А.[2], Большакова Н.А.[2]
[1]ТОО «Казатомпром-SaUran»,
[2]ТОО «Институт высоких технологий»

В целях обеспечения экологической безопасности при осуществлении уранодобывающей деятельности ТОО «Казатомпром-SaUran» впервые в 2020 и 2023 годах проведены комплексные экологические исследования на прилегающих к рудникам территориях и в ближайших населенных пунктах (п. Кыземшек, п. Таукент, с. Кайнар и с. Жыныс Ата), оценены экологические риски для местного населения. Проведенные двухгодичные исследования не выявили воздействия производственной деятельности за пределами границ недропользования, экологическая обстановка в населенных пунктах стабильна и соответствует состоянию естественного природного фона.

ВВЕДЕНИЕ

ТОО «Казатомпром-SaUran» (далее – предприятие) осуществляет добычу природного урана на территории Сузакского района Туркестанской области Республики Казахстан. Предприятие принимает ответственность за сохранение окружающей природной среды в регионе присутствия. На предприятии, как на радиационно-опасном объекте, строго соблюдаются нормы производственной безопасности, обращения с радиоактивными отходами. Согласно казахстанскому экологическому законодательству выполняется Программа производственного экологического контроля, целью которой является контроль за экологическим состоянием почвы, воды, атмосферного воздуха на территории предприятия и в санитарно-защитной зоне, контроль выполнения нормативов, установленных уполномоченным органом в области охраны окружающей среды Республики Казахстан. Понимая опасения местного населения о последствиях радиационного воздействия на здоровье человека, руководством предприятия в 2020 и 2023 годах инициированы комплексные экологические исследования на прилегающих к рудникам территориях на удалении до 10 км от границ предприятия и в ближайших населенных пунктах. Обследовано экологическое состояние почв, подземных и питьевых вод, особое внимание уделено оценке состояния биоразнообразия, как индикатора благополучного состояния окружающей природной среды.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Местное население, проживающее в районе расположения предприятия, сосредоточено в основном в населенных пунктах Таукент, Кайнар, Жыныс-Ата (предгорная долина Каратау) и в поселке Кыземшек (пустыня Бетпак Дала). На прилегающих к предприятию территориях выпасается скот, все местные водные источники используются населением в хозяйственно-бытовых целях и для водопоя скота.

THE ENVIRONMENTAL RESPONSIBILITY OF URANIUM MINING ACTIVITIES

Tokpanbetov M.B.[1], Balabiev T.D.[1], Permenev Y.G.[2], Panova E.N.[2], Agapov O.A.[2], Bolshakova N.A.[2]
[1]Kazatomprom-SaUran LLP,
[2]Institute of High Technologies LLP

In order to ensure environmental safety during uranium mining activities, Kazatomprom-SaUran LLP for the first time in 2020 and 2023 conducted comprehensive environmental studies in the areas surrounding the mines and in the nearest settlements (Kyzemshek, Taukent, Kainar and Zhynys Ata), and assessed environmental risks for the local population. The two-year studies have not revealed any impact of production activities outside the subsoil use boundaries, the environmental situation in the settlements is stable and corresponds to the state of natural background.

INTRODUCTION

Kazatomprom-SaUran LLP (hereinafter – the enterprise) conducts natural uranium mining on the territory of Suzak region of Turkestan province of the Republic of Kazakhstan. The enterprise takes responsibility for preservation of the natural environment in the region of its presence. The enterprise, as a radiation-hazardous site, strictly observes the norms of industrial safety, radioactive waste management. According to the Kazakhstani environmental law, the Program of industrial environmental control is implemented, the purpose of which is to control the environmental condition of soil, water, atmospheric air on the territory of the enterprise and in the sanitary protective area, control of compliance with the standards established by the authorized agency in the field of environmental protection of the Republic of Kazakhstan. Understanding the concerns of the local population about the consequences of radiation impact on human health, the management of the enterprise in 2020 and 2023 initiated comprehensive environmental studies in the areas surrounding the mines at up to 10 kilometers from the boundaries of the enterprise and in the nearest settlements. The environmental condition of soils, ground and drinking water was surveyed, and special attention was paid to assessing the state of biodiversity as an indicator of the favorable state of the natural environment.

MAIN PART

The local population living in the area of the enterprise location is mainly concentrated in the settlements of Taukent, Kainar, Zhynys-Ata (Karatau foothill valley) and Kyzemshek settlement (Betpak Dala desert). Cattle graze on the territories surrounding the enterprise, all local water sources are used by the population for domestic purposes and for watering cattle.

Рисунок 1 – Отбор проб почвы в с. Жыныс-Ата / Figure 1 - Soil sampling in Zhynys-Ata village

Экологические исследования и результаты

Почвенный покров. Проведены исследования содержания веществ-маркеров уранодобывающей деятельности (pH, сульфаты, радиационные показатели) и других показателей экологического состояния почв (таблица 1, рисунок 1). На прилегающих территориях в 2020 году средние показатели альфа- и бета-активности составили 337 и 626 Бк/кг, в населенных пунктах 400 и 610 Бк/кг – что не превышает санитарно-гигиенических показателей (1 200 Бк/кг) [1] и соответствует фоновым показателям – 350 Бк/кг и 630 Бк/кг. Почвенно-растительный покров на прилегающих к рудникам территориях нарушен в основном нерегламентированной сетью полевых дорог и выпасом скота.

Environmental studies and results

Soil cover. The content of uranium mining marker substances (pH, sulphates, radiation indicators) and other indicators of the environmental state of soils were studied (Table 1, Figure 1). In the surrounding territories in 2020, the average values of alpha and beta activity were 337 and 626 Bq/kg, in the settlements 400 and 610 Bq/kg – which does not exceed the sanitary and hygienic indicators (1200 Bq/kg) [1] and corresponds to background indicators – 350 Bq/kg and 630 Bq/kg. The soil and plant cover in the territories surrounding the mines is mainly affected by the unregulated network of field roads and cattle grazing.

Natural and drinking water. According to the results of studies in 2020 (Figures 2, 3) pH levels of natural water were within natural values, water from the surveyed wells has naturally high mineralization,

Природные и питьевые воды. По результатам исследований в 2020 году (рисунки 2, 3) уровни pH природной воды находились в пределах естественных значений, вода из обследованных колодцев обладает естественной повышенной минерализацией, жесткостью, содержанием хлоридов, альфа и бета-активностью, и для использования в питьевых целях должна проходить доп.водоподготовку (фильтрацию). В населенных пунктах характеристики

Рисунок 2 – Отбор проб природной воды из колодца (район рудника «Уванас») / Figure 2 - Sampling of natural water from a well (Uvanas mine area)

Таблица 1 – Перечень определяемых параметров в объектах ОС / Table 1 – List of defined parameters in OS objects

№	Объект ОС / OS objects	Перечень определяемых параметров / List of defined parameters
1	Почва / Soil	pH, сульфаты, нитраты, суммарная удельная альфа-активность, суммарная удельная бета-активность, плотный остаток водной вытяжки почвы, Al, As, Bi, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, U, V, Zn, МЭД (фон, место отбора), плотность потока альфа-частиц (фон, место отбора), физико-химические исследования почв. / pH, sulfates, nitrates, total specific alpha activity, total specific beta activity, dense residue of soil aqueous extract, Al, As, Bi, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, U, V, Zn, MED (background, sampling site), alpha particle flux density (background, sampling site), physico-chemical studies of soils.
2	Вода / Water	pH, сухой остаток, гидрокарбонаты, жесткость общая, хлориды, нитраты, нитриты, фосфаты, суммарная удельная альфа-активность, суммарная удельная бета-активность, Ag, Al, As, Bi, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V, Zn, U / pH, dry residue, hydrocarbonates, total hardness, chlorides, nitrates, nitrites, phosphates, total specific alpha activity, total specific beta activity, Ag, Al, As, Bi, Bi, Co, Cr, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V, Zn, U

питьевой воды из централизованного водоснабжения соответствуют нормативам качества питьевой воды. В регионе существует проблема самоизливающихся скважин с повышенным уровнем радиоактивности, который может быть вызван естественными причинами природного характера. Данная проблема подлежит дальнейшему изучению.

Результаты исследований почвы и воды в 2023 году не выявили значимых изменений по сравнению с исследованиями в 2020 году, что говорит о стабильном экологическом состоянии.

hardness, chloride content, alpha and beta activity, and for use for drinking purposes should undergo additional water treatment (filtration). In the settlements, the characteristics of drinking water from centralized water supply meet the drinking water quality standards. In the region there is a problem of self-discharging wells with increased level of radioactivity, which can be caused by natural reasons of natural character. This problem is subject to further study.

The results of the soil and water surveys in 2023 showed no significant changes from the surveys in 2020, indicating a stable environmental condition.

Biodiversity. The company includes five mines located in different natural zones – the mines «Eastern Mynkuduk» and «Uvanas» in the waterless mud desert of Betpak Dala, the mine «Kanzhugan» in the foothill valley of Karatau, the mines «Central Moyinkum» and «Southern Moyinkum» in the sandy massif of Moyinkum. These territories have a rich species diversity of flora and fauna (up to 80 species of higher plants, 22 species of mammals, 268 species of birds, 18 species of herpetofauna, including rare and red-listed species (Figures 4-6). The diversity

Рисунок 3 – Отбор проб питьевой воды из колодца (частный дом, с. Кайнар) / Figure 3 - Sampling of drinking water from a well (private house, Kainar village)

Биоразнообразие. В состав предприятия входят пять рудников, расположенных в разных природных зонах – рудники «Восточный Мынкудук» и «Уванас»

Рисунок 4 – Степная агама (Trapelus sanguinolentus). Встречена в районе рудника Канжуган. / Figure 4 - Steppe agama (Trapelus sanguinolentus). Found near the Kanzhugan mine

Рисунок 5 – Среднеазиатская черепаха (Testudo horsfieldii), внесена в список МСОП. Встречена в районе рудника Канжуган. / Figure 5 - The IUCN-listed Central Asian tortoise (Testudo horsfieldii). Found in the Kanzhugan mine area.

в безводной глинистой пустыне Бетпак Дала, рудник «Канжуган» в предгорной долине Каратау, рудники «Центральный Мойынкум» и «Южный Мойынкум» в песчаном массиве Мойынкумы. Эти территории имеют богатое видовое разнообразие флоры и фауны (до 80-ти видов высших растений, 22-х видов млекопитающих, 268-ми видов птиц, 18-ти видов герпетофауны, в том числе редкие и краснокнижные виды (рисунки 4-6). Разнообразие орнитофауны объясня-

of bird fauna is explained by its proximity to key ornithological territories and migration routes of migratory birds. Preservation of biodiversity in the region of presence is a strategic goal of the enterprise in accordance with the environmental legislation of the RK, international conventions, and principles of sustainable development (ESG). In order to assess the state of biodiversity, a detailed geobotanical description of the surveyed areas was carried out,

ется соседством с ключевыми орнитологическими территориями и путями миграции перелетных птиц. Сохранение биоразнообразия в регионе присутствия – стратегическая цель предприятия в соответствии с экологическим законодательством РК, международными конвенциями и принципами устойчивого развития (ESG). В целях оценки состояния биоразнообразия проведено детальное геоботаническое описание исследуемых территорий, исследованиями охвачены все основные сезоны активности животных – начало весны, весенне-летний, летний и летне-осенний периоды, наблюдаются значимые места обитания. Воздействия уранодобывающей деятельности на видовой состав животных не отмечено. Самовосстановление растительного покрова (зарастание дорожной колеи, пастбищ) сопровождается появлением сорных, рудеральных видов.

ВЫВОД

Проведенные на прилегающих к рудникам ТОО «Казатомпром-SaUran» территориях двухгодичные экологические исследования не выявили воздействия уранодобывающей деятельности на ОС. Это достигается как экологичностью метода подземного скважинного выщелачивания урановых руд, так и современными подходами в обеспечении производственной безопасности на предприятии, строгим контролем за обращением с радиоактивными отходами и исполнением предельно-допустимых нормативов воздействия на ОС. Предприятием также контролируется состояние объектов ОС на прилегающих к рудникам территориях и в ближайших населенных пунктах. По результатам двухгодичного обследования (2020, 2023 гг.) экологическая обстановка остается стабильной, радиационные показатели соответствуют фоновому уровню.

ТОО «Казатомпром-SaUran», продолжая уранодобывающую деятельность, будет проводить дальнейший экологический мониторинг прилегающих территорий и населенных пунктов, а также предоставлять заинтересованным сторонам актуальную экологическую информацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования к радиационно-опасным объектам» (СЭТРОО) № ҚР ДСМ-90 от 25.08.2022 г.

Рисунок 6 – Гнездо курганника (Buteo rufinus). Район рудника Восточный Мынкудук.
Figure 6 - Nest of a barrow marten (Buteo rufinus). East Mynkuduk mine area.

the surveys covered all the main seasons of animal activity – early spring, spring-summer, summer and summer-autumn periods, significant habitats were observed. No impact of uranium mining activities on animal species composition was observed. Self-regeneration of vegetation cover (overgrowth of road ruts, pastures) is accompanied by the appearance of weedy, ruderal species.

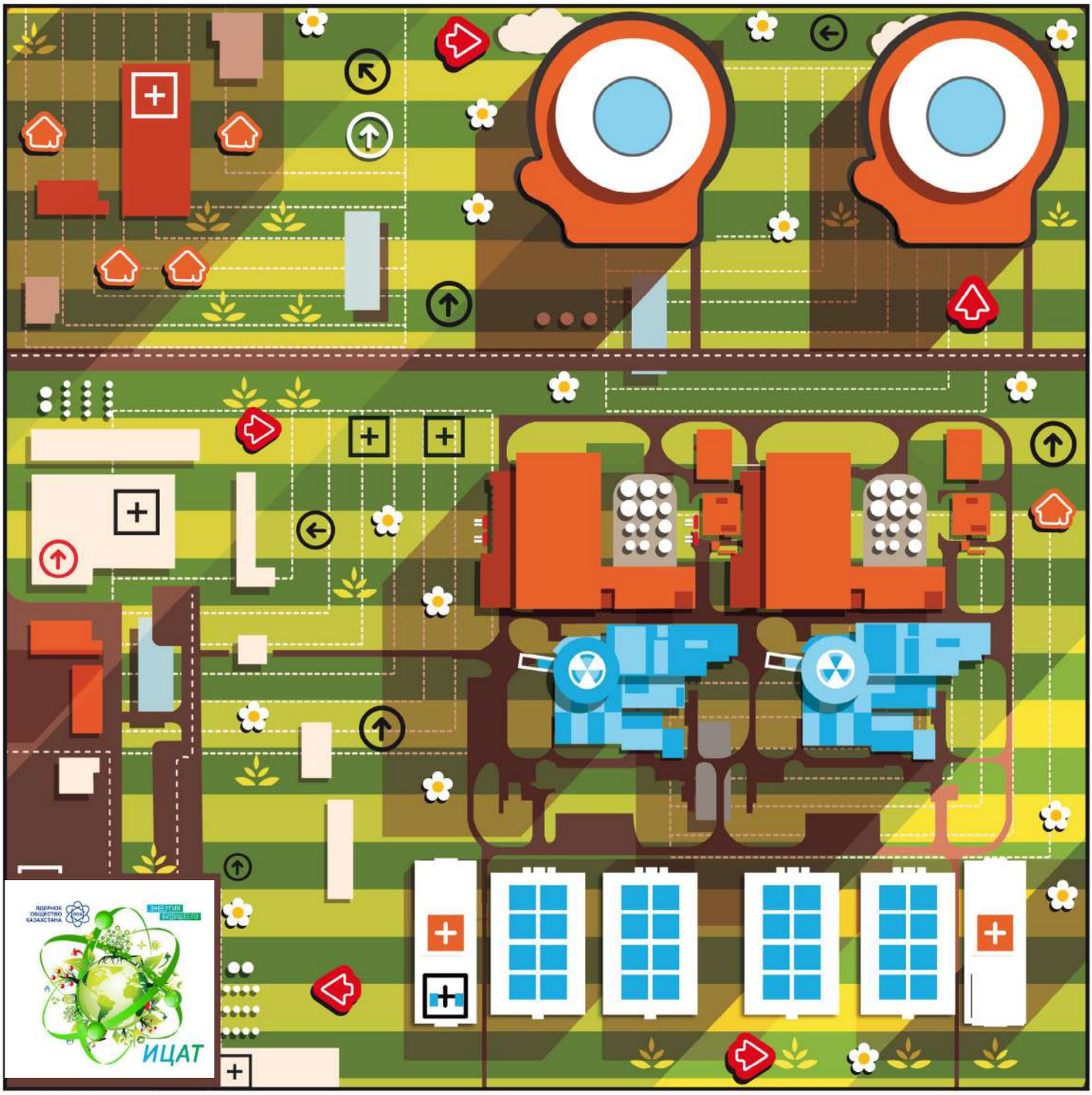
CONCLUSION

Two-year environmental studies conducted in the areas surrounding the mines of Kazatomprom-SaUran LLP have not revealed any impact of uranium mining activities on the OS. This is achieved due to the eco-friendly method of in situ leaching of uranium ores, as well as modern approaches in ensuring industrial safety at the enterprise, strict control over radioactive waste management and fulfillment of maximum permissible standards of impact on the OS. The enterprise also monitors the condition of environmental facilities of OS in the territories surrounding the mines and in the nearest settlements. According to the results of the two-year survey (2020, 2023), the environmental situation remains stable, radiation indicators correspond to the background level.

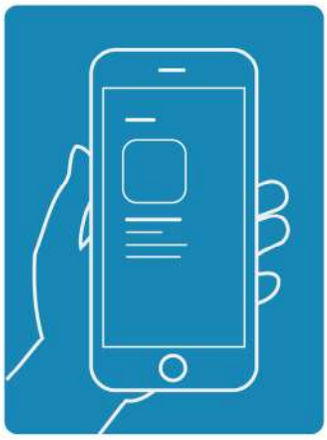
Kazatomprom-SaUran LLP, while continuing uranium mining activities, will conduct further environmental monitoring of surrounding areas and settlements, as well as provide the relevant environmental information to stakeholders.

REFERENCE

1. Sanitary Rules «Sanitary and Epidemiological Requirements for Radiation Hazardous Facilities» (SRHRHF) No. KR DSM-90 dated 25.08.2022.

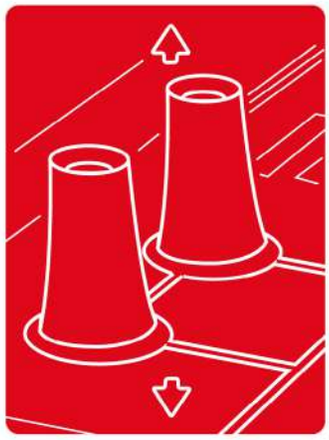


СКАЧАЙ ПРИЛОЖЕНИЕ

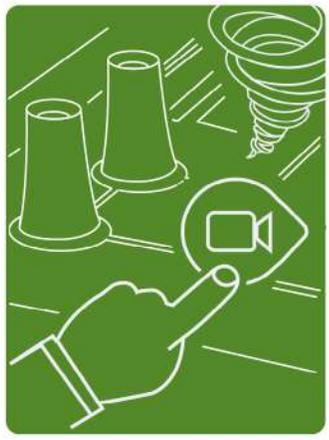


НАВЕДИ НА РИСУНОК

ИЗУЧАЙ СТАНЦИЮ СО ВСЕХ СТОРОН



ЗАПУСКАЙ И СМОТРИ СЦЕНАРИИ



MYATOM.RU/AR | ТАКЖЕ, ВЫ МОЖЕТЕ НАЙТИ ПРИЛОЖЕНИЕ В APP STORE И GOOGLE PLAY ПО ЗАПРОСУ "АЭС НА ЛАДОНИ" | РАЗРАБОТАНО В **PWRG.RU**