
STATE AND PROSPECTS OF THE RUSSIAN URANIUM MINING AND URANIUM PROCESSING INDUSTRY IN THE CONTEXT OF WORLD DEVELOPMENT

Dolchinkov Nikolay

„Vasil Levski“ National Military University, Veliko Tarnovo, Bulgaria, National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Moscow, Russia, n_dolchinkov@abv.bg

Bonka Encheva Karaivanova – Dolchinkova

RUO - V. Tarnovo, Bulgaria

Abstract: A major Russian political and economic objective is to increase exports, particularly for front-end fuel cycle services through Tenex, as well as nuclear power plants.

Russia uses about 3800 tonnes of natural uranium per year. After enrichment, this becomes 190 tU enriched to 4.3% for 9 VVER-1000 reactors (at 2004, now 13), 60 tU enriched to 3.6% for 6 VVER-440s, 350 tU enriched to 2.0% for 11 RBMK units, and 6 tU enriched to 20% (with 9 tU depleted) for the BN-600. Some 90 tU recycled supplements the RBMK supply at about 2% enrichment. This RepU arises from reprocessing the used fuel from BN, VVER-440 and marine and research reactors.

There is high-level concern about the development of new uranium deposits, and a Federal Council meeting in April 2015 agreed to continue the federal financing of exploration and estimation works in Vitimsky Uranium Region in Buryatia. It also agreed to financing construction of the engineering infrastructure of Mine No. 6 of Priargunsky Industrial Mining and Chemical Union (PIMCU). The following month the Council approved key support measures including the introduction of a zero rate for mining tax and property tax; simplification of the system of granting subsoil use rights; inclusion of the Economic Development of the Far East and Trans-Baikal up to 2018 policy in the Federal Target Program; and the development of infrastructure in Krasnokamensk.

In June 2015 Rosgeologia signed a number of agreements to expedite mineral exploration in Russia, including one with Rosatom. It was established in July 2011 by presidential decree and consists of 38 enterprises located in 30 regions across Russia, but uranium is a minor part of its interests.

Russia is engaged in international nuclear energy markets, far from the traditional sites of Eastern Europe. In June 2011, Rosatom announced that it was creating a "Rosatom" overseas company, a new structure responsible for building projects that could not benefit from them. It can be executed as a primary contractor as well as as owner of foreign capacities under a self-exploitation agreement (BOO). She actively strives for shopping in developing countries and has set up eight offices abroad.

The Soviet Union also used 116 nuclear explosions (81 in Russia) for geological research, creating underground gas storage, boosting oil and gas production and excavating reservoirs and canals. Most were in the 3-10 kiloton range and all occurred 1965-88.

Keywords: weather elements background radiation, wind, air current amendment

СЪСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВИ НА РУСКАТА УРАНОДОБИВНА И УРАНОПРЕРАБОТВАЩА ПРОМИШЛЕННОСТ В КОНТЕКСТА НА СВЕТОВНОТО РАЗВИТИЕ

Николай Долчинков

Национален военен университет "Васил Левски", гр. Велико Търново, България, Национален изследователски университет „Московски енергетичен институт“, Москва, Русия,

n_dolchinkov@abv.bg

Бонка Енчева Караиванова – Долчинкова

РУО – В. Търново, България

Резюме: Основна руска политическа и икономическа цел е увеличаване на износа, по-специално на услугите на предния край на горивния цикъл чрез Tenex, и ТВЕЛ, както и на строеж и оборудване на атомните електроцентрали.

Русия използва около 3800 тона природен уран годишно. След обогатяване това се увеличава с 190 U до 4,3% за 9 реактора VVER-1000 (през 2004 г., сега 13), 60 U обогатен до 3,6% за 6 VVER-440, 350 U обогатен до 2,0% за 11 блока RBMK и 6 U обогатен до 20% (с 9 U изчерпани) за BN-600. Около 90 U рециклирани

добавки RBMK доставка при около 2% обогатяване. Това РЕП възниква от преработката на използваното гориво от БН, ВВЕР-440 и морски и изследователски реактори.

Съществува загриженост за развитието на нови уранови находища, а заседанието на Федералния съвет през април 2015 г. се съгласи да продължи с федералното финансиране на проучвателните и оценителски дейности в региона на Утиминския уран в Бурятия. Той също така се съгласи да финансира изграждането на инженерната инфраструктура на 6-ия рудник на Индустриалния минно-химически съюз (ПИМКУ). През следващия месец Съветът одобри ключови мерки за подкрепа, включително въвеждането на нулева ставка за данък върху мините и данък върху недвижимите имоти; опростяване на системата за предоставяне на права за ползване на недра; включване на икономическото развитие на Далечния изток и Забайкалската политика до 2018 г. във Федералната целева програма; и развитието на инфраструктурата в Краснокаменск.

През юни 2015 г. Rosgeologia подписа редица споразумения за ускоряване на проучването на минералите в Русия, включително едно с Росатом. Тя е създадена през юли 2011 г. с президентски указ и се състои от 38 предприятия, разположени в 30 региона на Русия, но уранът е незначителна част от неговите интереси.

Русия е ангажирана с международните пазари на ядрена енергия, далеч отвъд традиционните страни от Източна Европа. През юни 2011 г. „Росатом“ обяви, че създава „Русатом“ отвъдморска компания, нова структура, която да отговаря за изпълнението на проекти, които не са горивни цикли, на чужди пазари. Тя може да действа като основен изпълнител, а също и като собственик на чуждестранни ядрени мощности по силата на споразумения за изграждане на собствена експлоатация (ВОО). Тя активно се стреми към пазарите в развиващите се страни и създава осем офиса в чужбина.

Съветският съюз също използва 116 ядрени взрива (81 в Русия) за геоложки проучвания, създаване на подземни газохранилища, увеличаване на добива на нефт и газ и изкопни резервоари и канали. Повечето бяха в диапазона от 3 до 10 килотона и всички се случиха през 1965-1988 години.

Ключови думи: Русия, уран, добив, уранови мини, ядрено гориво, експорт

1. УВОД

Русия има значителни икономически ресурси от уран, като около 9% от световните разумно гарантирани ресурси плюс изчислени ресурси до 130 долара / кг - 505 900 тона U (2014 г.). Росатом съобщава за ресурсите на АРМЗ като 517 000 U през септември 2015 г., най-вече за подземни работи. Съобщава се, че историческите разходи за проучване на урана са били около 4 млрд. Долара. Федералната агенция за управление на природните ресурси (Роснедра) събщи, че руските запаси на уран са нараснали с 15% през 2009 г., особено чрез проучване в Урал и Република Калмикия, на север от Каспийско море.

Производството на уран е вариало от 2870 до 3560 U / год. От 2004 г. насам, а през последните години е било допълнено от операциите на Uranium One Kazakh, като през 2012 г. са били предоставени 7629 tU. в процес на изграждане и по-проектирани, както е описано по-долу. Счита се, че разходите за производство в отдалечени райони като Елкон са 60-90 щ.д. / кг. Разходите за нови вътрешни проекти на АРМЗ през 2013 г. са 253,5 млн. Рубли, въпреки че през ноември 2013 г. всички инвестиции на „Росатом“ в разширяване на минното дело са спрени поради ниските цени на урана.

Обявените през 2006 г. планове за 28 600 тона U₃O₈ до 2020 г., 18 000 тона от Русия * и балансът от Казахстан, Украйна, Узбекистан и Монголия са се оформили, въпреки че трудностите при стартирането на нови сибирски мини е малко вероятно, В Казахстан бяха създадени три съвместни предприятия за добив на уран с намерение да осигурят 6000 тона годишно за Русия от 2007 г. : JV Karatau, JV Zarechnoye и JV Akbastau.

2. УРАНОДОБИВ В РУСИЯ

2.1. Исторически обзор на уранодобива в Русия

AtomRedMetZoloto (АРМЗ) е държавното дружество, което поема дейността по проучване и добив на уран на Tenex и TVEL през 2007-08, като дъщерно дружество на Atomenergorgrom (собственост на 79,5%). Той е наследил 19 проекта с общ уранови ресурс от около 400 000 тона, от които 340 000 тона са в Елконски уран и 60 000 тона в Стрелцовски и Витимски. Правата на всички тези ресурси бяха прехвърлени от Роснедра, Федералната агенция за недрамерно ползване към Министерството на природните ресурси и околната среда.

„АРМЗ уранови холдингова компания“ се превърна в минното подразделение на „Росатом“ през 2008 г., като отговаряше за всички активи на руския уран и руските акции в чуждестранни съвместни предприятия. През 2008 г. в АРМЗ са прехвърлени 78.6% от „Приаргунски“, всички АД „Хиагда“ и 97.85% от „Далур“. През март 2009 г. Федералната служба за финансови пазари на Русия регистрира 16,4 милиарда

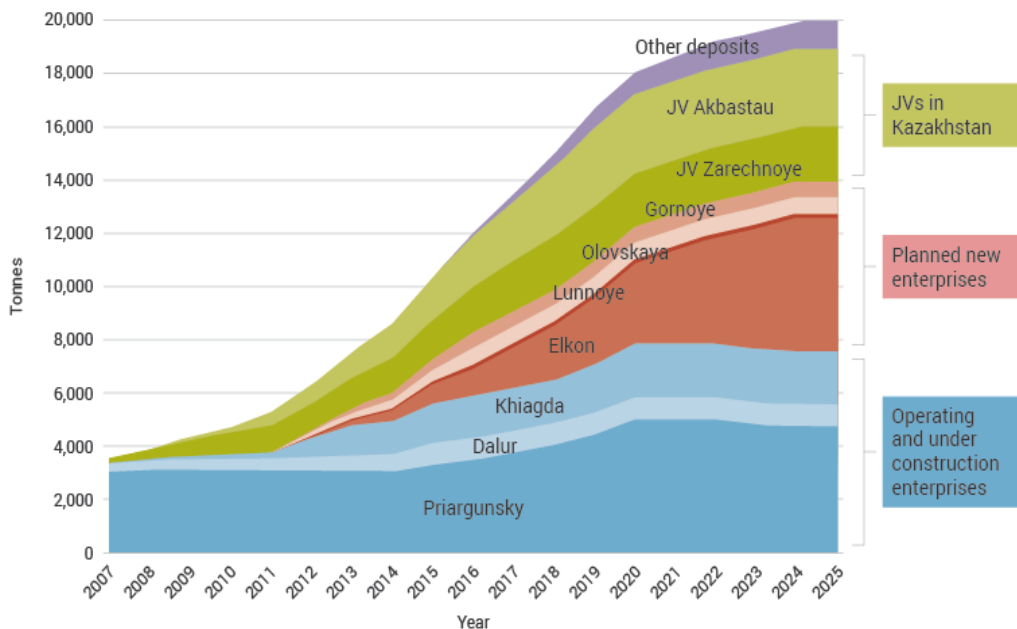
допълнителни акции в АРМЗ чрез закрит абонамент за заплащане на активи от уранови рудници, в допълнение към 4 милиарда рубли, издадени в средата на 2008 г., за да плати за придобиването на Приаргунски, Хиагда и Далур. През ноември 2009 г. ДС Росатом изплати още 33 млрд. Рубли за акции на АРМЗ, като увеличи собствения си капитал на 76.1%.

През 2009 и 2010 г. АРМЗ взе 51% дял в канадския Uranium One Inc, като плати за това с 610 млн. Долара в брой и чрез размяна на активи в Казахстан: 50% от JV Akbastau, Karatau и Zarechnoye, добив на находища Буденовско и Заречно, (Независим финансов консултант постави стойността на дяловете на АРМЗ в СП Akbastau и Zarechnoye в размер на 907,5 млн. Долара). перспективи в САЩ и Австралия (продадени през 2015 г.). През 2013 г. АРМЗ приключи закупуването на акции в Uranium One Inc и стана пълноправно дъщерно дружество на АРМЗ. JSC Uranium One Group (U1 Group) е от декември 2016 г. дъщерно дружество на Atomenergoprom, собственост на 78,4% и очевидно отделено от АРМЗ.

След това, в края на 2013 г., Росатом създаде Uranium One Holding NV (U1H) като своя глобална платформа за растеж за всички международни активи на добива на уран, принадлежащи на Русия, със седалище в Амстердам. В него са изброени активи в Казахстан, САЩ и Танзания, както и притежаването и управлението на дела на Росатом в Uranium One Inc. През 2013 г. той е произвел 5086 U производство при средни парични разходи от \$ 16 / lb U3O8, и отчете 229,453 U измерени, посочени и изведени ресурси (приписващ се дял). През 2014 г. е произведен 4857 UU и изброени ресурси от 177,000 UU. Компанията планира да разшири интересите си в редки земи. Нейният „стратегически партньор“ е АД НАК Казатомпром.

АРМЗ остава отговорен за добива на уран в Русия. В края на 2013 г. тя е 82.75% собственост на Росатом и 17.25% ТВЕЛ. Разходите за проучвания почти се удвоиха за две години до около 52 милиона щатски долара през 2008 г. През 2013 г. правителството одобри бюджет за проучвания от 14 милиарда рубли (до 450 милиона долара) до 2020 г., главно в Далечния изток и Северния Сибир. Депозитите, подходящи за извличане на ISL, ще се търсят в Transurals, Transbaikal и Kalmykiya. Други работи ще бъдат в Урал, Сибир, Далечния Изток федерални области (Зауралски, Стрелцовски, Витимски и Восточно-Забайкалски, и Елконски).

ARMZ Uranium Production Plans 2007



Source: World Nuclear Association

Руската държавна компания за геоложки проучвания, създадена през 2011 г., идентифицира „обещаващите“ уранови находища в Северозападен федерален окръг на Русия след завършване на проучване на района Куол-Панайарвинская на границата на Мурманска област и Република Карелия. Тя подписа споразумение с Росатом през 2015 г., за да се съсредоточи върху урана.

ЗАД „Росбърмаш“ (РБМ) е дъщерно дъщерно дружество на АРМЗ. VNIPIPT е дъщерно дружество, отговарящо за научноизследователската и развойна дейност и инженеринг на минни и преработвателни предприятия.

През декември 2010 г. АРМЗ направи оферта за придобиване в размер на 1,16 милиарда долара за австралийската компания Mantra Resources Ltd с бъдещ проект Mkuju River в южна Танзания, която се очакваше да бъде произведена около 2013 г. при 1400 U / уг, но сега е отложена. Сега това е под наименованието U1H.

2. 2. Вътрешен добив

През 2009 г. правителството прие предложението на Росатом АРМЗ и Елконски минно-металургичен комбинат да създадат „открито акционерно дружество“ ЕГМК-проект. Приносът на държавата чрез "Росатом" към уставния капитал на ЕГМК-Проект ще възлиза на 2.657 млрд. Рубли, в т.ч. Металургичен комбинат (виж по-долу).

Основните уранови находища на Руската федерация са в четири области:

Трансралският окръг в района на Курган между Челябинск и Омск, с рудник ISL на Далур.

Стрелцовски окръг в района на Забайкал или Чита на Южен Сибир близо до китайската и монголската граница, обслужван от Краснокаменск и с големи подземни рудници.

Витимски район в Бурятия на около 570 км северозападно от Краснокаменск, с мида Хияда ИСЛ.

Наскоро откритият отдалечен район Елкон в република Саха (Якутия) на около 1200 км северно-североизточно от Читинска област.

Сегашното производство на АРМЗ е предимно от район Стрелцовски, където са открити големи уранови находища през 1967 г., което води до мащабно добиване, първоначално с малко контроли на околната среда. Това са вулканогенни отлагания, свързани с калдера. Краснокаменск е главният град, обслужващ мините.

През 2008 г. АРМЗ заяви, че възнамерява да утрои производството до 10 300 т годишно до 2015 г., с помощта на Камеко, Мицуи и местните инвеститори. АРМЗ планира да инвестира 203 млрд. Рубли (6,1 млрд. Долара) в развитието на добива на уран в Русия през 2008-2015 г. До 2024 г. тя е насочена към 20 000 U годишно. Общите разходи са предвидени в размер на 67 милиарда рубли (2 милиарда долара), най-вече в Priargunsky. инсталация за сярна киселина, пусната в експлоатация през 2009 г., като замени киселинен завод 1976 г.

Като втори етап ще се разработват проекти за прилагане на т.нар. комбиниран добив от уранови находища, локализирани в твърди скали, с проучени и блокирани запаси, аналогични на находищата Бялата вода и Здравец, като напр. находище Герзовица (Смолянско рудно поле) и/или Пробойница и Смоляновци, които са със завършен етап на детайлно проучване. Проектните разчети за възможния добив на уран (концентрат) от рудничните води и комбинирания добив в перспектива за период от 10 години са в прогнозно количество от ~200-250 t.

Направените разчети за експлоатационните разходи при този комбиниран добив са на база на действащата в момента линия за реекстракция (линия за регенерационна очистка на йонообменни смоли - ЛРОИС) в с. Елешница и получаването на т. нар. „жълт кек“ от замърсените с уран руднични води показват, че за добив на ~200 t уран разходите няма да надвишават 10-15 лв./kg. Наред с добива в този район ще бъде необходимо изграждане на подходяща площадка на инсталация за реекстракция на обогатената на уран смола и получаване на „жълт кек“ като готов продукт.

2.3. Руски добив на уран

Production centre	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Priargunsky	2011	2133	1970	1977	1873	1631		
Dalur	529	562	578	590	591	592		
Khiagda	332	440	442	488	540	693		plan 1000
Gornoye	-	-	0					
Olovskaya	-	-	0					
Elkon	-	-	0					
Lunnoye	-	-	0					
Total	2872	3135	2990	3055	3004	2916		

2.3.1. Трансрал, Курганска област

Скромно ниво на производство е от Далур в Трансралския Кургански регион. Това е ниска цена (40 USD / kg) киселинна *in situ* извличане (ISL) в пясъчните. Уксянско е градът, подкрепящ рудника Далур. Планът на АРМЗ за 2008 г. имаше производство в Далур с киселина ISL, увеличаващо се от 350 на 800 U / у до 2019 г. (разширяване от областта Далматовско в Зауралския уранов район до Хохловско в Шумихинско, след това Доброволно в Звериноголовския район). През 2014 г. АД „Далур“ завърши по-нататъшното проучване на находище „Хохловско“ и увеличи ресурсите си от 4700 на 5500 тона. Производството от него се планира да нарасне от 50 U през 2015 г. до 200 т / год. До 2019 г. През 2016 г. е започнало модернизиране на мелницата. Повече от половината от 2016 г. е от Усть-Укскийската част на Далматовското поле.

Запасите на Далур през 2013 г. бяха цитирани от АРМЗ на 9 900 тона. Редки земи и скандий са потенциални странични продукти. През 2016 г. са завършени геоложките проучвания и пилотните дейности на находището в Доброволно, а през юни 2017 г. е получено разрешение за развитие, което позволява изграждането на централата. Неговите резерви са цитирани като 7067 UU. След пилотната експлоатация до 2020 г. се очаква търговската експлоатация да поддържа производството на Далур на 700 U на година до около 2025 г., след като Dalmatovskoye и Khokhlovskoye са изчерпани.

2.3.2. Забайкалска област, Стрелцовски район

Тук няколко подземни рудници, експлоатирани от Индустриален минно-химичен съюз (ПИМКУ - 85% АРМЗ), доставят нискокачествена руда на централна мелница край Краснокаменск. ПИМСУ е създадена през 1968 г. и произвежда други метали, освен уран. От 2008 г. е дъщерно дружество на АРМЗ. Съобщава се, че историческото производство от Priargunsky е 140,000 U (някои от отворени рудници) и 2011 известни ресурси (RAR + IR) са цитирани като 115 000 U при 0,159% U. През 2013 г. „резервите“ бяха котирувани от АРМЗ на 108 700 тона. Производството е до около 3000 U / год., Около една десета от него от купчино извличане. През 2015 г. производството е 1977 г. UU и разходите са намалени с 11%, така че се надява да излезе дори в средата на 2016 година.

Фирмата разполага с шест подземни рудника, повечето от които експлоатират: Мина # 1, Мина # 2, Рудник Глубокий, Шахта 6Р, Мина # 8 с добив от находище Мали Тулукуи и Мина # 6 (виж по-долу). Планът на АРМЗ за 2008 г. призова за увеличаване на производството на Priargunsky от 3000 на 5000 U / у до 2020 година.

През 2016 г. увеличението на производството на мина № 1 е увеличено. Намира се от другата страна на селището Октябрийски от мина №2 и на около 2 км от него.

Мина # 2 направи загуба през 2013 г. поради пазарните условия, така че беше затворена, за да се концентрира върху довеждането на мина №8 до пълно производство. През февруари 2015 г. се възобновява спирането, като производствената цел е 130 UU за годината, от средна оценка 0.15%. Сега тя е известна като секция 2. Част от производството се изнася за Франция, Швеция и Испания.

Мина 8 започна да произвежда през 2011 г. към целевия капацитет от фаза 1 от 400 т / год до края на 2014 г. Очаква се общите разходи за развитие да възлязат на 4,8 млрд. Руб. (3,5 млрд. Руб. За фаза 1). През 2016 г. производството е нараснало с 22%.

Рудник № 6 ще има достъп до находищата Аргунско и Жерловое, които съставляват 35% от резервите Стрелцовско с 40 900 U, с много по-висока степен (0.3% U) от останалите. Производствените разходи от мина # 6 се очаква да бъдат \$ 90 / kgU. Бъдещите планове за Приаргунски са насочени към развитието на мина №6.

2.3.3. Бурятия, Витимски окръг

Операциите на "Хиагда" са във Витимски в Бурятия на около 570 км северозападно от Краснокаменск, обслужвайки операциите на Приаргунски в района Чита и на 140 км северно от град Чита. Те започват от ниска база - през 2010 г. производството от рудно поле Хияджинско е 135 U, нараства до 440 U през 2013 г. (пълно оползотворяване на пилотния завод) и е насочено към 1000 U / уг от 2018 г. с нов завод. Това са нискотарифни (70 USD / kgU) киселинни операции на излугване (ISL) в пясъчници и представляват единствената ISL мина в света при вечно замръзване. Температурата на подпочвените води е 1-4 ° C, което създава проблеми с вискозитета, особено когато зимната температура на въздуха е -40 ° C. Основната уранова минерализация е фосфат, който изисква добавяне на окислител към киселинния разтвор. В самото Хиягинско поле има осем палеоканални находища над 15 x 8 km, на дълбочина от 90 до 280 метра (средно 170 m). Единичните рудници са с дължина до 4 km и широки от 15 до 400 m, с дебелина от 1 до 20 m.

АД Хиагда разполага с ресурси от 55 000 U, подлежащи на извличане на ISL, като ресурсният потенциал на Росатом се оценява на 350 000 U, което дава живот на мина над 50 години. През 2015 г. „резервите“ бяха котирали от АРМЗ на 39 300 тона U. Планът на АРМЗ за 2008 г. предвиждаше производството от проекта на „Хиагда“ АД да се увеличи до 1800 U / у до 2019 г., но през 2013 г. по-високата цел беше отложена. Планът за 2018 г. сега е 1000 тона. През 2014 г. АД „Хиагда“ продължи строителството на основното производствено съоръжение и на инсталацията за сярна киселина, чийто първи етап бе пуснат в експлоатация през септември 2015 г. Окончателният му проектен капацитет е 110 000 т / год.

В момента "Хиагда" добива уран от находищата на Хиагдин и Источной на рудното поле Хиагда. В ход е подготвителна работа за добив на рудници в находището Вершини. През май 2018 г. АД „Хиагда“ обяви, че инженерни и геоложки проучвания пред изграждането на миннодобивните обекти са в ход в находищата на Количикан и Дъбрън. Другите две полета в непосредствена близост са Намару и Тетрахское. Всички тези находища се намират на площ около 50 x 20 км. Планира се също да се инсталира инсталация за извличане на окиси от редкоземни метали (REO) като страничен продукт. Най-близките градове са Романовка, 133 км северно от Чита, и Багдарин.

2.3.4. Саха / Якутия, район Елкон

Дългосрочната надежда на АРМЗ е развитието на масивния проект Елкон с няколко мини в република Саха (Якутия) на около 1200 км северно-североизточно от Читинската област. Проектът Елкон е в планински район с трудни климатични условия и малко инфраструктура, което го прави предизвикателно начинание. Производството от метасоматитните находища се планира да нарасне до 5000 U / год. За десет години, за 90,5 млрд. Рубли (3 млрд. Долара) и предвижда се стартирането на 2020 г., но сега "след 2030 г.". Елкон ще стане най-големият руски комплекс за добив на уран, базиран на ресурси от над 270 000 U (или 357 000 U, цитирани от Росатом през 2015 г.). Това ще включва подземно добиване, радиометрично сортиране, смилане, преработка и производство на уранови концентрати до 5000 U / год.

Елконският минно-металургичен комбинат (ЕММК) е създаден от АРМЗ за разработване на значителните елконски находища. Проектът на Елкон ММС включва Корпорацията за развитие на Южна Якутия и има за цел да привлече външно финансиране за развитие на инфраструктурата и минното дело в публично-частно партньорство, като АРМЗ притежава 51%. Предвижда се чуждестранен капитал, включително от Япония, Южна Корея и Индия, а през март беше обявено споразумение за съвместно предприятие с Индия. Развитието на ЕЛКОН ММЦ ще стане "локомотив на икономическото развитие на целия регион", изграждане на инфраструктурата, електропроводите, пътищата и железниците, както и промишлените съоръжения, от 2010 година. Предварително подбрани: в устието на река Анбар, село Дикси и село Уст-Уга. Изграждането на четири малки плаващи когенерационни инсталации за доставка на топлинна и електрическа енергия за северните райони на Якутия е свързано с проекта Елкон в Южна Якутия.

В проекта "Елкон" има осем находища с ресурс от 320 000 U * (RAR + IR) средно 0,146% U, със страничен продукт злато: Elkon, Elcon Plateau, Kurung, Neprokhodimoye, Druzhnoye (Южно находище), както и Южна , Северна, Зона Интересная и Лунно (виж по-долу). В средата на 2010 г. АРМЗ публикува JORC-съвместими данни за петте южни находища: 71 300 U както измерени и посочени ресурси, и 158,500 U като изведени ресурси, средно 0,143% U. АРМЗ посочи, че оценката на ресурсите спрямо международните стандарти ще повиши инвестиционната привлекателност на МКЕМ. Въпреки това, през септември 2011 г. АРМЗ заяви, че производствените разходи ще бъдат \$ 120-130 / kgU, което би било недостатъчно на сегашния пазар, а разходите ще трябва да бъдат намалени с 15-20%.

2.4. По-нататъшни перспективи за мините

Федералната агенция за управление на подпочвените ресурси (Rosnedra) е прехвърлила около 100 000 тона уранови ресурси на миньорите, по-специално ARMZ, през 2009-10 г., и 14 проекта, предимно малки и средни, бяха подготвени за лицензиране тогава. Те са разположени предимно в Читинския (Стрелцовски), Трансралски (Зауралийски) и Бурятски (Витимски) уранови райони.

Подготвените за лицензиране проекти включват:

Читинска област - Жерловско, Пятилетене, Дальне и Дурулгуевско.

Република Бурятия - Талаканско, Витлаусско, Имское, Тетрахско и Джилиндинско.

Курганска област - Доброволно (сега лицензирано).

Хабаровски край - Ласточка.

Република Тува - Уст-Ууук и Onkazhinskoye.

Република Хакасия - Приморско.

Всички тези проекти имат 76,600 тона разумно гарантирани и изведени ресурси, плюс 106 000 тона по-малко определени "неоткрити" ресурси.

Роснедра публикува списък на депозитите в Република Карелия, Иркутска област и Ленинградска област, които ще бъдат предложени за търг през 2009 г. По-специално, Тюменски в Мамско-Чуйски район на Иркутска област трябва да бъде предложен за развитие, следван от Шоткуска площад в Лодеевский район на Ленинградска област. В Карелия са предложени салминската площадка в Питкярански район и находището в Карку. Нито една от тези оферти от 2009 г. не е имала разумни гаранции или изведени цитирани ресурси, а само "неоткрити" ресурси в категориите Р1 до Р3 в Русия и изглежда, че нито една от тях не е била взета. През 2016 г. Министерството на природните ресурси и екологията на Карелия признава само едно ураново находище „без търговски интерес“ в „Средна Падма“ (Медвежегорск) и обявява, че не е планирано никакво добиване.

2.5. Чуждестранни и частни инвестиции в добив на уран

През октомври 2006 г. японската компания Mitsui & Co с Tenex се съгласи да предприеме проучване за осъществимостта на мина за уран в Източна Русия, за да достави Япония. За 2009 г. се предвижда първото производство от рудника Южна в република Саха (Якутия). Мицуи имаше възможност да поеме 25% от проекта и финансираше 6 млн. Долара от проучването за осъществимост. Строителството на рудник „Южна“ се очаква да струва 245 млн. Долара, като до 2015 г. производството ще достигне 1000 т / год. Това ще представлява първата чуждестранна собственост на руска урана. Въпреки това, според Червената книга от 2016 г., Южна сега изглежда е част от проекта Elkon (вж. По-горе).

След предишни сделки с Tenex, през ноември 2007 г. Самесо подписа споразумение с ARMZ. Двете компании трябва да създадат съвместни предприятия за проучване и уран в Русия и Канада, като се започне с идентифицирани находища в Северозападна Русия и канадските провинции Саскачеван и Нунавут.

Освен ARMZ, частни фирми могат да участват и в търгове за добив на по-малки и отдалечени уранови находища, които се подготвят за лицензиране в Русия. ARMZ е отворена към подходящи инвестиционни проекти със стратегически партньори, а депозит Лунно е пример, при който частна компания Золото Селигдара си партнира с ARMZ.

За рехабилитацията на бившия рудник Алмаз в Лермонтов, Ставрополска област, по-специално рудник 1 на Бещауска планина и рудник 2 на планината Бик, както и рекултивация на хвостохранилището, се отделят около 340 млн. Руб. и промишлена площадка на хидрометалургичния завод. Работата ще бъде извършена от организациите на Росатом в рамките на Ростехнадзор. През 2008 г. рехабилитацията на Лермонтовските хвостохранилища бе включена във федерална целева програма, като за тази цел бяха заделени над 360 млн. RUR.

Общият капацитет на Русия за преобразуване на уран е около 25 000 U / год., Но само около половината от тях се използват от 2013 г.

ТВЕЛ планира да консолидира капацитета си за преобразуване в Сибирския химически комбинат (СВК) в Северск близо до Томск, където вече функционира известен капацитет. През 2012 г. Росатом заяви, че ще похарчи 7,5 милиарда рубли за изграждане на нов завод за преработка в SCC Северск, който ще започне работа през 2016 г. Новият завод е проектиран да има капацитет от 20 000 U годишно от 2020 г., включително 2000 тона рециклиран уран. През 2014 г. бяха проведени публични изслушвания по проекта. Докладът на Световната ядрена асоциация за ядрени горива за 2015 г. дава капацитет след това 12,500 U.

Основният оперативен завод за преработка е в Ангарск, близо до Иркутск, в Сибир, с 18 700 тона U / год капацитет - част от електроразпределителния и химически комбинат на АЕЦ „Авио“. В очакване на планирания нов завод в SCC Северск обаче, преходният завод в Ангарск беше спрял през април 2014 г.

ТВЕЛ също имаше капацитет за преустройство в Химическия комбинат Кирово-Чепецки (КССС) в Глазов, който беше затворен през 90-те години. От 2009 г. това е сайт на RosRAO за почистване

Преобразувателният завод Elektrostal, на 50 км източно от Москва, разполага с капацитет 700 U / ур за преработен уран, първоначално от гориво VVER-440. Той е собственост на Машиностроителния завод (МСЗ), чийто завод за производство на гориво Елемаш е там. За западноевропейската компания Nukem е предприета известна конверсия на казахстанския уран, като всички 960 тона рециклиран уран от Sellafield в Обединеното кралство, собственост на немски и нидерландски предприятия, са преустроени тук. Там е изпратен рециклиран уран, собственост на Великобритания.

Производството на гориво се осъществява от АД ТВЕЛ, който доставя 76 ядрени реактора в Русия и 13 в други страни, както и 30 изследователски реактора и гориво за военноморските и ледоразбиващите реактори. Неговата дейност е сертифицирана по ISO 9001 и има около 17% от световния пазар на

произведени горива. Руската технология за горива се поддържа от А.А. Научно-изследователски институт по неорганични материали (ВНИИНМ).

Русия се стреми да максимизира рециклирането на дялящи се материали от използваното гориво. Следователно преработването на използваното гориво е основна практика, като преработеният уран се рециклира и плутонийът се използва в MOX, в момента само за бързи реактори. Въпреки това, иновативните разработки на MOX използват по-широки възможности, а цикълът REMIX и Dual Component Power System са описани по-долу.

Производство на ураново гориво

ТВЕЛ разполага с два завода за производство на гориво с общ капацитет 2800 т / год. Гориво:

Огромният Maschinostroitelny Zavod (MSZ) на Elektrostal 50 km източно от Москва - известен като Elemash.

Novosibirsk завод за химически концентрати (NCCP) в Сибир.

Чепешкият механичен завод на ТВЕЛ (СМП или ЧМЗ) край Глазов в Удмуртия прави циркониеви облицовки, както и някои уранови продукти.

Повечето горивни пелети за реактори РБМК и ВВЕР-1000 са били произвеждани в завода в Улба в Усть Каменогорск в Казахстан, но Елемаш и Новосибирск са увеличили производството си. MSZ / Elemash произвежда горивни касети за руски и западноевропейски реактори, използващи пресен и рециклиран уран. Той също така произвежда изследователски реактор и ледоразбиващо гориво и през 2016 г. произвежда първото гориво за реакторите RITM-200 в нови ледоразбивачи. VNIINM твърди, че горивото има по-голяма енергийна плътност от предишното гориво за ледоразбивач.

Новосибирск произвежда основно гориво ВВЕР-440 и 1000, включително и за първоначална употреба в Китай.

Два основни закона регулират използването на ядрената енергия: Федералният закон за използване на атомната енергия (ноември 1995 г. и Федералния закон за радиационна безопасност на населението (януари 1996 г.), които се подкрепят от федералните закони, включително тези за опазване на околната среда (2002 г.) и Федералния закон за управление на радиоактивните отпадъци (2011 г.) Федералният закон за радиационната безопасност на населението от 1996 г. се управлява от Федералното министерство на здравеопазването.

Ростехнадзорът е регулатор, създаден (като ГАН) през 1992 г., който докладва директно на президента. Поради връзките с военните програми, културата на секретност прониза старата съветска атомна енергетика. След аварията в Чернобил през 1986 г. бяха направени промени и беше създаден комитет за ядрена безопасност. Държавният комитет за ядрена и радиационна безопасност - Госатомнадзор (ГАН) успя да го постигне през 1992 г., като отговаря за лицензирането, регулирането и безопасността на експлоатацията на всички съоръжения, за безопасността при транспортиране на ядрени материали и за отчитане на ядрени материали. Нейните проверки могат да доведат до съдебни обвинения срещу оператори. Въпреки това, в някои случаи, когато премахва лицензите за работа през 90-те години, Минатом успешно преодолява това. През 2004 г. GAN е включена във Федералната служба за екологичен, технологичен и атомна надзор, Ростехнадзор, която има много широк мандат за опазване на околната среда и безопасността. Тя има изпълнителна власт за разработване и прилагане на обществена политика и правна уредба в областта на околната среда, както и в областта на технологичния и ядрения надзор. Той контролира и контролира развитието на природните ресурси, промишлената безопасност, ядрената безопасност (с изключение на оръжията), безопасността на електрическите мрежи, хидротехническите съоръжения и промишлените взривни вещества. Тя лицензира ядрени енергийни съоръжения и контролира ядрената и радиационната безопасност на ядрени и радиологично опасни инсталации, включително надзор на счетоводството, контрола и физическата защита на ядрените материали. Обзор на 2011 г. е на уебсайта на МААЕ.

Безопасността очевидно се подобрява в руските атомни електроцентрали. През 1993 г. са регистрирани 29 инцидента с ниво 1 и по-високо по скалата INES, през 1994 г. девет, а оттогава до 2003 г. не повече от четири. Също така до 2001 г. много служители получават годишни дози радиация над 20 mSv, но от 2002 г. насам много малко от тях са го направили.

През 2008 г. Ростехнадзор е прехвърлен в Министерството на природните ресурси и околната среда, но това е обърнато в средата на 2010 г. и е върнато под пряк контрол на правителството и е съсредоточено върху гражданската ядрена енергия. Следвайки други промени във федералното законодателство, мисията на Интегрираната служба за преглед на регулаторните регулации на МААЕ през 2013 г. заяви, че Ростехнадзор е постигнал "значителен напредък" в своето развитие от 2009 г. и е "станал

ефективен независим регулатор с професионален персонал". Ростехнадзор се ангажира да направи окончателния доклад на IRRS в началото на 2014 г. публично.

Главгосекспертиза, Руската държавна експертна комисия, е органът, отговорен за оценката на проектната документация и инженерните услуги от името на Министерството на строителството на Русия. Главгосекспертиза осигурява съответствие на всички големи проекти за изграждане на инфраструктурата с национални технически регламенти и нормативни изисквания.

Rosprirodnadzor, Федералната служба за надзор на природните ресурси трябва да даде екологично одобрение на нови проекти, чрез своята Държавна комисия по околна среда.

3. ИЗНОС

3.1. Горивен цикъл

Съветският износ на услуги за обогатяване започна през 1973 г. и Русия силно продължи това, заедно с износа на радиоизотопи. След 1990 г. започва износът на уран чрез Techsnabexport (Tenex). През 2015 г. бе обявено, че в началото на годината чуждестранният портфейл на Росатом е на стойност \$ 101.4 млрд., От които 66 млрд. Са реакторите, 21.8 млрд. Долара са договорените продажби на EUP и SWU, а останалите 13.6 млрд. Долара се дължат на продажбите. на изработени горивни елементи и уран. Целта на Росатом е да спечели половината от приходите си от изнесени стоки и услуги.

Tenex очаква да увеличи своя дял в световния пазар на услугите на предния край на горивния цикъл до 40% до 2030 г., подпомогнат от предлагането на „интегриран продукт“, обхващащ целия ядрен горивен цикъл, и да допринесе до половината от приходите на Росатом в чуждестранна валута. Приходите на Tenex през 2014 г. бяха над 2,2 млрд. Долара, а форуърдните поръчки възлизаха на почти 23 млрд. Долара, включително почти 6 млрд. Долара в над 20 договора с американски компании за обогатен уран. Tenex вижда азиатско-тихоокеанския пазар като зона на растеж, използвайки нов транспортен маршрут през пристанище Восточен, Приморски край.

През 2009 г. Tenex подписа дългосрочни контакти с три американски компании - AmerenUE, Luminant и Pacific Gas & Electric - и един в Япония - Chubu. Договорите обхващат снабдяването от 2014 до 2020 г. След това се сключват договори за доставка на обогатен уран за същия период с Exelon, най-голямата ядрена компания в САЩ. До края на 2010 г. стойността на договорите с американски компании се е повишила до около 4 млрд. Долара, отвъд разредения бивш военен уран, доставян до 2013 г. от руските запаси от оръжия. През 2012 г. Tenex е доставила около 45% от световното търсене на услуги за обогатяване и 17% от това за фабрично гориво. Изнесено гориво за 34 реактора, както и доставките на 33 руски.

3.2. Инсталации и проекти

Русия е ангажирана с международните пазари на ядрени технологии, далеч отвъд традиционните страни от Източна Европа. Важна стъпка в тази дейност беше през август 2011 г., когато „Росатом“ създаде „Росатом Овърсиз“ с уставния капитал от 1 млрд. Рубли. В средата на 2015 г. той е разделен на АД „Росатом Оверсиз Инк.“ и „Росатом Енерджи Интернешънъл“.

„Росатом Оверсиз Инк.“ Е отговорна за реализирането на проекти, които не са горивни цикли на чуждестранните пазари, макар че очевидно също така насърчава продукти, услуги и технологии на руската ядрена индустрия като цяло на световните пазари. Според "Росатом" "Росатом Оверсиз" действа като интегратор на комплексните решения на "Росатом" в областта на ядрената енергетика, управлява насърчаването на интегрираното предлагане и развитието на руския ядрен бизнес в чужбина, както и създава световна мрежа от маркетингови офиси на "Росатом". "Росатом Оверсиз" планира да открие около 20 офиса по света до 2015 г. като преден план за пазарни проучвания и витрина за всички продукти и услуги на "Росатом".

"Росатом Енерджи Интернешънъл" действа като "разработчик на чуждестранни проекти на" Росатом ", които се реализират със структура на собствено управление (BOO) и е акционер в тези проектни компании. Един от първите проекти, които Росатом осъществява чрез структурата на BOO, е заводът Аккуиу в Турция. Втори проект е Hanhikivi във Финландия.

През 2015 г. бе обявено, че в началото на годината чуждестранният портфейл на Росатом е на стойност \$ 101.4 млрд., От които 66 млрд. Са реакторите, 21.8 млрд. Долара са договорените продажби на EUP и SWU, а останалите 13.6 млрд. Долара се дължат на продажбите. на изработени горивни елементи и уран. Общата сума към края на 2015 г. е над 110 млрд. Долара, а приходите от износ през 2015 г. са 6,4 млрд. Долара, което е с 20% повече от 2014 г. Целта на Росатом е да спечели половината от приходите си от изнасяни стоки и услуги. Дългосрочната ѝ стратегия, одобрена от неговия съвет в края на 2011 г., изисква чуждестранни операции да представляват половината от бизнеса си до 2030 г. Целта му е да държи поне

една трета от световния пазар на услуги за обогатяване дотогава, както и 5 % от пазара на гориво с воден реактор под налягане (PWR). Корпорацията заяви, че "активно укрепва позицията си в чужбина за изграждането на атомни електроцентрали". През април 2015 г. Росатом заяви, че има договори за 19 атомни електроцентрали в девет страни, включително в строежите (5). През септември 2015 г. тя заяви, че има поръчки за 30 ядрени реактора в 12 страни, на около 5 милиарда долара за изграждане, и преговаря за още 10. Според него общата стойност на всички експортни поръчки е 300 млрд. Долара. Той има за цел да получи поръчки за изграждането на около 30 енергийни реактора извън Русия до 2030 година.

3.3. Международно сътрудничество

Русия е ангажирана с международните пазари на ядрена енергия, далеч отвъд традиционните страни от Източна Европа. През юни 2011 г. „Росатом” обяви, че създава „Русатом” отвъдморска компания, нова структура, която да отговаря за изпълнението на проекти, които не са горивни цикли, на чужди пазари. Тя може да действа като основен изпълнител, а също и като собственик на чуждестранни ядрени мощности по силата на споразумения за изграждане на собствена експлоатация (BOO). Тя активно се стреми към пазарите в развиващите се страни и създава осем офиса в чужбина.

Инициативата за глобална ядрена инфраструктура на президента Путин бе обявена в началото на 2006 г. Това е в съответствие с предложението на Международната агенция за атомна енергия (МААЕ) за многостранни подходи към цикъла на ядрено гориво (MNA) от 2005 г. и с Глобалното партньорство за ядрена енергия на САЩ (GNEP). Ръководителят на "Росатом" заяви, че предвижда Русия да разполага с четири вида международни центрове за сервиз на ядрено гориво (INFCCs) като съвместни предприятия, финансирани от други страни. Те ще бъдат сигурни и може би под контрол на МААЕ. Първият е Международен център за обогатяване на уран (IUEC) - един от четири или пет, предложени в световен мащаб (виж отделен раздел). Вторият е за преработка и съхранение на използваното ядрено гориво. Третият ще се занимава с обучение и сертифициране на персонала, особено за нововъзникващите ядрени държави. В този контекст съществува необходимост от хармонизирани международни стандарти, единни гаранции и съвместни международни центрове. Четвъртата ще бъде за НИРД и за интегриране на нови научни постижения.

През март 2008 г. АтомЕнергоПром подписа общо рамково споразумение с японската корпорация Toshiba за проучване на сътрудничеството в бизнеса с гражданска ядрена енергия. Очаква се партньорството на Toshiba да включва сътрудничество в области като проектиране и инженеринг за нови атомни електроцентрали, производство и поддръжка на голямо оборудване, както и "преден цикъл на цивилно ядрено гориво". По-конкретно се предвижда изграждането на модерна руска централа за обогатяване на центрофуги в Япония, също така евентуално в САЩ. Компаниите казват, че "допълващите се отношения" могат да доведат до установяване на стратегическо партньорство. Toshiba притежава 77% от строителя на реактори в САЩ Westinghouse и също така участва с други технологии на реакторите.

По отношение на проектирането на реакторите, Росатом заяви, че желае да участва в международни проекти за разработване на реактори от IV поколение и желае да има международно участие в разработването на реактори за бързи неутрони, както и съвместни предложения за производство на МОХ гориво.

3.4. Проучване и развитие

В средата на 2009 г. руското правителство заяви, че ще предостави над 120 млрд. Рубли (около 3,89 млрд. Щ. Д.) През 2010 до 2012 г. за нова програма, посветена на научноизследователската и развойна дейност за следващото поколение атомни електроцентрали. В него бяха определени три приоритета за ядрената промишленост: подобряване на работата на реакторите с лека вода през следващите две или три години, разработване на затворен горивен цикъл, основан на разгръщането на бързи реактори в средносрочен план, и развитие на ядрения синтез в дългосрочен план. Росатом заяви, че разходите за НИРД за 2014 г. ще възлизат на 27-28 милиарда рубли (528 милиона щатски долара), което е около 4,5% от приходите му. През 2013 г. той е изразходвал 24 млрд. Руб., А през 2012 г. - 22,7 млрд. Руб. За НИРД. През 2015 г. Росатом заяви, че е инвестирала 5% от приходите си в НИРД „за укрепване на нашето технологично лидерство“.

През 50-те и 60-те години са изградени много изследователски реактори. През 2015 г. в Русия функционират 52 невоенни изследователски и тестови реактора, както и около три в бившите съветски републики и осем руски. Повечето от тях използват керамично гориво, обогатено до 36% или 90% U-235. Общо над 130 изследователски реактора са изградени на базата на руската технология. МБИР е в процес на изграждане в Димитровград.

Проучване на Левада център от април 2008 г. установи, че 72% от руснаците подкрепят най-малко запазването на ядрените мощности на страната и 41% смятат, че ядрената енергия е единствената алтернатива на петрола и газа, тъй като те се изчерпват. Над половината заявиха, че са възмутени от опитите на СССР да прикрият новината за аварията в Чернобил през 1986 година.

През април 2010 г. Центърът Левада е събрал 1600 души и е установил, че 37% подкрепят сегашните нива на ядрената енергия, 37% са подкрепили активното му развитие (74% са положителни), а 10% биха искали да се откажат, а 4.3% биха предпочели да се откажат напълно. 42,6% не виждат алтернатива на ядрената енергия за замяна на разрушаващи се нефт и газ.

Непосредствено след инцидента във Фукушима през 2011 г. Левада имаше само 22% за активно развитие, 30% поддържаше сегашното ниво (т.е. 52% положително), 27% искаха поэтапно спиране и 12% искаха да се откажат от него.

През февруари 2012 г. анкета на Левада Център показва, че 29% от респондентите подкрепят активното развитие на ядрената енергетика, докато 37% подкрепят запазването му на сегашното ниво, така че 66% са положителни. Само 15% от тях са предложили постепенното ѝ прекратяване, а 7% предпочитат да се откажат от ядрената енергия.

Руският център за изследване на общественото мнение (ВЦИОМ) проведе проучване през април 2012 г. по повод годишнината от аварията в Чернобил. Тя установи, че 27% от руснаците подкрепят развитието на ядрената енергия - от 16% през 2011 г., 38% са съгласни с настоящото ниво, а 26% искат да го намалят. Ядреното развитие се подкрепя от млади (32%), високообразовани руснаци (31%), жители на градове с население от един милион и повече, големи градове и градове (30-33%). По отношение на безопасността, 35% считат, че растенията са достатъчно безопасни, а 57% не.

През 2015 г. проучване, проведено по поръчка на Росенергоатом, установи, че голяма част от гражданите, живеещи в близост до атомни електроцентрали, са в полза на тях и тази подкрепа е нараснала от 2013 г. Повечето данни за местните заводи са над 70% благоприятни и за ядрената енергия над 80%.

Русия е държава с ядрени оръжия и държава депозитар на Договора за неразпространение на ядреното оръжие (ДНЯО), съгласно който от 1985 г. е в сила споразумение за гаранции. Допълнителният протокол е ратифициран през 2007 г. Въпреки това Русия счита, че доброволното прилагане гаранциите на МААЕ не са от значение за държавата с ядрени оръжия и затова те не се прилагат общо. Единственото изключение е реакторът БН-600 Белоярск-3, който е обезопасен, така че да даде опит на такива звена на инспекторите на МААЕ.

Тази политика обаче е променена по отношение на някои видове внос на уран. Всички съоръжения, в които внасяният уран по определени двустранни договори следва да бъде включен в списъка на допустимите и открити за международна инспекция, това надхвърля доброволния аспект на споразуменията за доброволно предлагане. Тя включва инсталации за преобразуване, обогатяване, производство на гориво и атомни електроцентрали. Също така IUEC в Angarsk ще бъде отворен за инспекция.

Русия предприе тестове за ядрени оръжия от 1949 до 1990 година.

Последният руски реактор за производство на плутоний, който започна през 1964 г., най-накрая беше закрит през април 2010 г. - забавен, защото също така осигури и топлофикация, а дотогава беше готова замяна за това. Реакторът може да се държи в резерв за отопление, а не да се разглобява. Другите два такива реактора бяха затворени през 2008 г. Всички три затваряния са в съответствие със споразумение между САЩ и Русия от 2003 г.

ИЗВОДИ

1. Приети са Правителствени документи за решаване проблемите с последиците от приоритетни ликвидиращи обекти от уранодобива и уранопереработката;

2. Някои обекти от уранодобива и уранопереработката са без изградени мониторингови мрежи за радиационен контрол и не провеждат ведомствен мониторинг, липсват предупредителни табели и не се извършва разяснителна работа сред местното население;

3. Компрометирани са вече извършени ликвидационни и рекултивационни работи, поради некачественото им проектиране и/или изпълнение и недостатъчна техническа поддръжка на вече изградени съоръжения;

4. Съществува радиоecологичен риск, поради нерешени проблеми с управлението и комплексната очистка на замърсени с естествени радионуклиди води, изтичащи от уранодобивните обекти.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Aboimov M, Enriching the Past (legacy nuclear materials), World Nuclear Fuel Cycle conference, Abu Dhabi, April 2016.
- [2] Baryshnikov M., REMIX Nuclear Fuel Cycle, World Nuclear Fuel Cycle conference, Abu Dhabi, April 2016.
- [3] Boitsov A. et al, Uranium production and environmental restoration at the Priargunsky Centre, Russian Federation, International Atomic Energy Agency, 2002.
- [4] Diakov, A. & Podvig, P, March, Spent nuclear fuel management in the Russian Federation, 2013.
- [5] Gagarinski A. A.Malyshev, WNA Symposium 2002.
- [6] Gavrilov, P.M. Sept 2015, Establishing the centralised 'dry' SNF storage and the MOX-fuel production for fast neutron reactors at MCC site, World Nuclear Association 2015 Symposium presentation.
- [7] Josephson, Paul R, Red Atom - Russia's nuclear power program from Stalin to today, 1999.
- [8] Ivanov V., WNA Symposium 2001.
- [9] Kamenskikh, I, , paper at WNA Symposium, 2005.
- [10] Kirienko, S., paper at World Nuclear Fuel Cycle conference, April and WNA Symposium, Sept 2006 .
- [11] Minatom, Strategy of Nuclear Power Development in Russia, 2000.
- [12] Panov et al Floating Power Sources Based on Nuclear reactor Plants, 2006.
- [13] Perera, Judith, Nuclear Power in the Former USSR, McCloskey, UK, 2003.
- [14] Rosenergoatom Bulletin 2002, esp. M.Rogov paper.
- [15] Rybachenov, V., Disposition of Excess Weapons-grade Plutonium – problems and prospects, Centre for Arms Control, Energy & Environmental Studies, 2012.
- [16] Shchedrovitsky, P., paper at WNA Symposium, Sept 2007.
- [17] Saraev O. paper at WNA mid-term meeting in Moscow, May 2003.
- [18] OECD NEA & IAEA, , Uranium 2011: Resources, Production and Demand – 'Red Book', 2012.
- [19] Status of Small and Medium Sized Reactor Designs – A Supplement to the IAEA Advanced Reactors Information System (ARIS), International Atomic Energy Agency, September 2012
- [20] European Bank for Reconstruction and Development (EBRD) & Northern Development Environmental Partnership, 2015.
- [21] Rosenergoatom website
- [22] Rosatom website
- [23] nuclear.ru.