

2.9 Die Bewertung der radiologischen Wichtigkeit der grenzüberschreitenden Übertragung

Für die Bewertung der radiologischen Bedeutung der grenzüberschreitenden Übertragung beim normalen Betriebsniveau des Kraftwerkes wurden die Berechnungsergebnisse des Verstreuens der Gas- und Sprühemissionen für den Beobachtungsbereich der getrennten Abteilung des Chmel'nizkaja Kernkraftwerkes verwendet. Diese Berechnungen sind unter Berücksichtigung der realen meteorologischen Daten im Standort des Kraftwerkes mit einer gewissen, konservativen Reserve durchgeführt worden. In Entfernung von der Emissionsquelle verringert sich die Verschmutzung des Geländes durch die Radionuklide rasch. Dies bedeutet, dass auch die Strahlendosisbelastungen auf die Bevölkerung vermindert werden. Zudem überschreiten die Strahlendosisbelastungen auch innerhalb der sanitären Schutzzone nicht die Strahlendosis-Limit für die Bevölkerung. Das heißt, dass die Quote des Strahlendosislimits für die Bevölkerung der benachbarten Staaten, auch wenn sich das Kraftwerk direkt im Grenzbereich befindet, nicht überschritten wird (in den meisten europäischen Staaten ist sie höher als in der Ukraine und beträgt 200 $\mu\text{Sv}/\text{Jahr}$).

Der Radiationseinfluss des normalen Betriebes des Chmel'nizkaja Kernkraftwerkes auf die benachbarten Staaten wird deutlich geringer ausfallen als von den Strahlendosisquoten verordnet und, dementsprechend niedriger als die Begrenzung von der individuellen effektiven jährlichen Dosis in 1 mSv (Abschnitt 14, Band 13).

2.10 Die Bewertung des Einflusses auf die Umwelt bei Unfällen

2.10.1 Die Bewertung der strahlungsfreien Einwirkungen

Die Analyse der möglichen Notfälle in Bezug auf sämtliche technologischen Vorgänge und Ausrüstungen des Kernkraftwerkes, die mit chemischen Auswürfen und Abwürfen verbunden sind, hat gezeigt, dass die vorgesehenen, technologischen Lösungen eine Möglichkeit der Umweltverschmutzung durch die chemischen Schadstoffe ausschließen.

Bei der Inbetriebnahme der Kraftwerksblöcke Nr. 3 und 4, sowie unter den derzeitigen Bedingungen des Betriebes der Kraftwerksblöcke Nr. 1, 2 kann nur der Kühlteich als einzige potenzielle Quelle des chemischen Einflusses auf die Umwelt genannt werden. Der Kühlteich empfängt gereinigtes Umgangsabwasser ohne radioaktive Verunreinigungen vom Kernkraftwerksgelände, gereinigtes Umgangsabwasser von der Stadt Neteschin [Нетешин], gereinigtes Abwasser von den Betrieben der Stadt Neteschin (dieses wird in das gesamte Umgangsabwassernetzwerk geleitet), gereinigtes Betriebsabwasser vom Kernkraftwerksgelände und das Regenwasser vom Werkplatz des Kernkraftwerkes.

Die wichtigste Quelle für den Eingang von Verunreinigungen in den Kühlteich wird durch den Abfluss des Flusses Gniloj Rog [Гнилой Рог] und den Abfluss von Reinigungseinrichtungen für das Umgangsabwasser dargestellt. Das Eindringen von Erdölprodukten und synthetischen Sufraktanten in den Kühlteich führt nicht zur Erhöhung ihrer Konzentration im Kühlteich. Dies ist mit ihrer Zersetzung im Kühlteich verbunden, welche bei einer Erhöhung der Wassertemperatur besonders intensiv ist.

Filtrationsdurchblasen

Die hydrochemische Qualitätsprognose des Kühlteichwassers bei der Zunahme der Kernkraftwerksleistung bis auf einen Wert in Höhe von 4000 MW hat gezeigt, dass die gesamte Mineralisierung einen Wert zwischen 437,5 und 574,8 mg/dm^3 aufweisen wird.

Für die Optimierung des chemischen Gleichgewichtes des Wassers innerhalb des Kühlteiches ist das ständige Filtrationsdurchblasen durch den Körper des Erddamms in einer Menge von 28,0 Mio. m^3/Jahr vorgesehen. Auf der externen, unteren Böschung gibt es eine Rückfilterdränage, die an den Wassergang der Dränage angeschlossen ist.

Derzeitig wächst nach dem mehrjährigen Betrieb des Damms konstant Gebüsch auf der gesamten Fläche der Rückfilterdrainage (bis 12 ha). Das Wurzelsystem des Gebüsches bricht die Unversehrtheit des Filters der unteren Böschung des Erddammkörpers. Die großflächige Zerstörung des Filters kann zu einer unkontrollierten Auskragung von Erde aus dem Dammkörper führen, was zu *einer Unfallsituation* führen kann, die zu einem erhöhten Abwurf des Filtrationswassers in den Fluss Gorin führt, die in ihrer Menge und Beschaffenheit die höchstzulässige Konzentration der Verunreinigungsstoffe überschreiten.

Gemäß den ingenieurtechnischen und ingenieurgeotechnischen Recherchen wird der Entwurf eines Projektes für die Ausführung der Reparaturarbeiten für die Erneuerung des Filters des Drainage-Wasserganges und der Unterböschung des Erddamms benötigt.

Die Kosten für die Renovierungsarbeiten für den Drainage-Wassergang-Filter und die Unterböschung des Erddamms inklusive des Abscherens des Gebüsches sind in der Schätzungsabteilung der technischen und wirtschaftlichen Begründung des Chmel'nizkaja Kraftwerkes Nr. 3 und 4 beinhaltet.

Hochwasserentlastungsanlage

Die Wasserentlastungsanlage (die erste Kategorie des Hauptbaus) ist für das Durchlassen des Hochwassers des Flusses Gniloy Rog bestimmt. Die Wasserentlastungsanlage funktioniert automatisch. Es wird das Durchlassen des Hochwassers beim forcierenden Wasserhorizont innerhalb des Teiches bis zu einer Höhe von 70 cm oberhalb des normalen abgestützten Horizonts berechnet. Die maximale, umgewandelte Wasserdurchsatzmenge beträgt in diesem Zusammenhang 110,0 m³/s.

Durch die Hochwasserentlastungsanlage wird das Wasser teilweise nur während des Hochwassers der ausschließlichen Wiederholung bei der gleichzeitigen vollen Füllung des Teiches abgeworfen. Seit 1987 (Inbetriebnahme des Teiches) wurden die Abwürfe des Hochwassers vom Fluss Gniloy Rog nur in den Jahren 1998 und 1999 mit einem entsprechenden Volumen von 4,56 und 3,50 Mio. m³ beobachtet. Dabei würden die zusätzlichen Verdampfungen beim Betrieb eines Kraftwerksblockes weniger als 1/4 der Projektgröße und beim Betrieb von vier Kraftwerksblöcken insgesamt 53,1 Mio. m³/Jahr betragen. Dies beweist, dass die gezeigten Jahre des Frühlingshochwassers offensichtlich unterhalb 1% des Sicherheitswertes geblieben sind.

Aufgrund der obigen Information – der ausschließlich niedrigen Wiederholung, sowie dem ausschließlich großem Zufluss vom frischen Wassers in den Kühlteich, was deutlich die Qualität des Wassers im Kühlteich verbessert, beeinflusst die Hochwasserentlastung die höchstzulässige Konzentration der Verunreinigungsstoffe im Fluss Gorin nicht und verursacht keine *Unfallsituation*, die mit chemischen Abwürfen verbunden ist.

Abschlammwasser

Im Fall der technischen Notwendigkeit ist eine Möglichkeit des Teichdurchblasens mit dem Wasserabwurf über das Bodenauslassen vorgesehen.

Die Betriebsart des Durchblasens wird nach der Übereinstimmung mit den Behörden von Wasser-, Sanitär- und Fischinspektion während des Kernkraftwerkbetriebes eingesetzt. Das Durchblasen wird in die Zeit des Frühlingshochwassers durchgeführt.

Die Behörden von der Sanitäraufsicht kontrollieren die Wasserqualität am Punkt des Abwurfes vom Abschlammwasser, die Qualität des Wassers im Fluss Gorin vor dem Punkt des Abschlammwasserabwurfes und die Wasserqualität im Fluss Gorin stromabwärts 500 m von dem Abwurfepunkt entfernt. Im Fall der Überschreitung der höchstzulässigen Verunreinigungsstoffkonzentration wird der Dammbalken des Bodenwasserauslassens im letzten Tor abgesperrt und das Durchblasen angehalten.

Auf diese Weise wird *die Unfallsituation* in Bezug auf die chemischen Abwürfe beim Durchblasen des Kühlteiches ausgeschlossen.

2.10.2 Bewertung der Radiationseinwirkungen

Für die Analyse der Radiationseinwirkungen bei den Unfällen werden der der größte anzunehmende Unfall und der auslegungsüberschreitende Unfall betrachtet.

Als größter anzunehmender Unfall (die schwerste Projekthavarie) versteht sich das Szenario eines Durchrisses der Hauptkreislaufrohrleitung.

Als auslegungsüberschreitender Unfall versteht sich das Szenario eines Guillotine-Durchrisses der Hauptkreislaufrohrleitung (ГЛК Ды 2*850 mm), eines Ausfalls der aktiven Reaktornotkühlsysteme und eines arbeitsfähigen Sprinkler-Systems.

Der Auswurf in Umwelt bei dem größten anzunehmenden Unfall sowie bei dem auslegungsüberschreitendem Unfall wird durch die Undichtheit des hermetischen Kraftwerksblöckemantels und den Zeitraum des Vorhandenseins vom erhöhten Druck unter diesen Mantel bestimmt. Die Zusammensetzung des Auswurfes in die Atmosphäre beinhaltet radioaktive Edelgase, Radioisotopen von Jod, Aerosolen ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr und andere Radionuklide.

Die durchgeführte Analyse hat gezeigt, dass für den Beobachtungsbereich getrennter Abteilungen des Chmel'nizkaja Kernkraftwerks im Falle der Havarie die in der Aue des Flusses Gorin liegenden Wiesen und Weiden die kritische Quelle des Radionuklideneintrittes in die landwirtschaftliche Produktion sein würden. Aus diesem Grund folgt es, dass die Kette Weiden - Tiere - tierische Produktion - Mensch der kritische Weg der Radionuklidmigration während der früheren sowie auf der späteren Havariephasen sein würde.

Einwirkung auf den Boden und Landwirtschaftsproduktion

Die radioaktive Verschmutzung des Gebietes im Falle des größten anzunehmenden Unfalls sowie bei des auslegungsüberschreitenden Unfalls wird zu keiner Änderung der physikchemischen oder hydrophysikalischen Eigenschaften des Bodens führen.

Die durchgeführten Auswertungen der Landwirtschaftsproduktionsverschmutzung bei dem größten anzunehmenden Unfall sowie bei dem auslegungsüberschreitendem Unfall haben gezeigt, dass die Überschreitung des zulässigen Gehaltniveaus der Radionuklide als Ergebnis der Luftverschmutzung auf früheren Havariephasen möglich ist. Auf einer Entfernung von bis zu 30 km von der Auswurfquelle kann die radioaktive Verschmutzung der Landwirtschaftsproduktion durch die Normen der Radiationssicherheit der Ukraine 97 [34] () festgelegte niedrigste Niveaus der Berechtigung von Einmischung und Maßnahmen für die Begrenzung für den Verbrauch der Landwirtschaftsproduktion örtlicher Erzeugung überschreiten.

Einwirkung auf Tiere und Pflanzen

Gemäß den Berechnungsergebnissen kann man bei den Unfallsituationen die kurz lebenden Radionuklide als die Hauptdosis der die Biozönose bildenden Radionuklide betrachten.

Bei dem größten anzunehmenden Unfall beträgt die konservative Einschätzung der maximalen absorbierten Dosis während des ersten Jahres nach dem Auswurf (in der Entfernung von 2,7 km axial zur Auswurfspur bei den schlechtesten Wetterbedingungen) auf Pflanzen und Landwirtschaftstiere rund 20 und 4 mGy/Jahr (externe Bestrahlung). Die erhaltenen Auswertungen der Niveaus der absorbierten Dosis haben gezeigt, dass die Änderungen in den Pflanzen- und Tiergemeinschaften auf Artniveau höchst unwahrscheinlich sind. Die Änderungen der Biozönosen unter der Auswirkung der Radiationsfaktoren werden entsprechend nicht auftreten.

Bei dem auslegungsüberschreitendem Unfall beträgt die konservative Einschätzung der maximalen absorbierten Dosis während des ersten Jahres nach dem Auswurf (in der Entfernung von 4 km axial zur Auswurfspur bei den schlechtesten Wetterbedingungen) auf die Pflanzen rund 1 Gy/Jahr, was die aktuell festgelegte Schwelle der unteren Grenze der Detektion von schwacher Radiationswirkung für die am meisten strahlenempfindlichen Nadelpflanzen

überschreitet. Dabei werden die Grenze der Radiationswirkung vom mittleren und hohen Grad sowie die Schwelle von der sogar scharfen Bestrahlung, die zu 100 % zum Tod in den verschiedenen taxonomischen Gruppen führt, außerhalb der Sanitär-Schutz-Zone nicht erreicht.

Die konservative Einschätzung der maximalen externen absorbierten Dosis beträgt bei gleichen Bedingungen auf die Landwirtschaftstiere rund 0,04 Gy/Jahr, was die aktuell festgelegte Schwelle der unteren Grenze der Detektion von der schwachen Radiationswirkung für Säugetiere nicht überschreitet.

Die erhaltenen Auswertungen der Niveaus von der absorbierten Dosis erlauben die Behauptung, dass Änderungen in den Pflanzen- und Tiergemeinschaften auf Artniveau höchst unwahrscheinlich sind, obwohl die radiobiologischen Effekte bei Nadelbäumen im Falle des auslegungüberschreitenden Unfalls auf begrenzter Fläche entlang der Achse der Auswurfspur zu beobachten sind. Strukturelle Änderungen der Biozöosen unter der Auswirkung der Radiationsfaktoren werden außerhalb der Sanitär-Schutz-Zone entsprechend nicht auftreten.

Es gibt die Wahrscheinlichkeit, dass die Dosis der scharfen Bestrahlung auf die am meisten strahlenempfindlichen Organismen (Nadelbäume, Säugetiere (Nagetiere)) auf der begrenzten Fläche innerhalb der Sanitär-Schutz-Zone überschritten wird. Bei dieser Dosis ist das Auftreten von kleinen Auswirkungen der ionisierenden Strahlungen (Verletzungen von Chromosomen, reproduktiver Funktion und Physiologie) möglich. Eine Dosis der scharfen Bestrahlung (5 Tage) auf eine Kiefer in einer Entfernung von 1 km zur Bestrahlungsquelle (Wolkeachse, konservative Einschätzung) kann 1 Gy betragen.

Einwirkung auf die Bevölkerung

Es wurden die individuellen effektiven Dosen auf die Bevölkerung als Ergebnis des größten anzunehmenden Unfalls eingeschätzt. Die durchgeführten konservativen Auswertungen der Strahlendosisbelastungen auf die Bevölkerung unter Berücksichtigung aller Einwirkungswege außer dem Radionuklideneintritt durch Lebensmittel haben gezeigt, dass die Durchführung jedweder außerordentlicher oder dringender Gegenmaßnahmen (einschließlich Jod-Prophylaxe) bei dem größten anzunehmenden Unfall (in Übereinstimmung mit den Normen der Radiationssicherheit der Ukraine) nicht benötigt wird. Die Dosen erreichen die Schwelle der Entstehung von den deterministischen Effekten nicht. Die individuellen Risiken der Entstehung von den stochastischen Effekten für die Bevölkerung befinden sich auf vernachlässigbar geringem Niveau.

Die radioaktive Verschmutzung der Landwirtschaftsproduktion kann bei dem größten anzunehmenden Unfall die in den Normen der Radiationssicherheit der Ukraine und "Zulässigen Grenzwerte des Radionuklidengehaltes in Lebensmittel und Trinkwasser" [ДП-2006] [34, 35] festgelegten Niveaus überschreiten. Entscheidungskriterien über Entnahme, Ersetzung und Beschränkung der Verwendung solcher Produktion in der Entfernung bis 30 km. Das heißt, dass eine Wahrscheinlichkeit der Durchführung von notwendigen langfristigen Gegenmaßnahmen existiert.

Die höchste Wahrscheinlichkeit der Notwendigkeit einer Entscheidung über Entnahme, Ersetzung und Beschränkung der Verwendung von Landwirtschaftsproduktion örtlicher Erzeugung außerhalb der Sanitär-Schutz-Zone in unmittelbarer Nähe von ihrer Grenze besteht für Blattgemüse und Milch. Es ist möglich, ein Verbot für die Verwendung von Blattgemüse und Milch außerhalb der Sanitär-Schutz-Zone für einen Termin von 1 bis 3 Monaten einzuführen. Dabei kann dieses Verbot für Blattgemüse bis zu der Grenze des Beobachtungsbereiches, und für Milch bis 15 km von Chmel'nizkaja Kernkraftwerk eingeführt werden. Die Einführung dieser Gegenmaßnahmen ist hauptsächlich mit der Gebietsverschmutzung durch Jod-Isotope und kurzlebige Radionuklide verbunden. Es besteht auch die Wahrscheinlichkeit der Einführung eines Verbotes der Verwendung von Getreideprodukten und Fleisch, die in unmittelbarer Nähe von der Sanitär-Schutz-Zone (bis 6 km) gewachsen sind. In Übereinstimmung mit den erhaltenen

konservativen Auswertungen kann die Verbotsdauer für die Verwendung der in diesem Gebiet gewachsenen Getreideprodukte und Fleisch bis zu zwei Jahre betragen.

Es wurden die individuellen effektiven Dosen auf die Bevölkerung als Ergebnis des auslegungsüberschreitenden Unfalls eingeschätzt. Ausgehend von den maximalen Auswertungen der effektiven Dosis ist es notwendig, eine Begrenzung des Aufenthaltes der Bevölkerung im Freien auf einer Entfernung von bis 4 km von der Auswurfquelle einzuführen. Die angegebene Gegenmaßnahme wird durch eine vermeidbare Dosis für den ganzen Körper bestimmt. Die für die Schilddrüse berechnete Dosis überschreitet die untere Grenze der Vertretbarkeit der Durchführung der Jod-Prophylaxe nicht. Dennoch formieren die Jod-Radioisotope im Ganzen über 80% der effektiven Dosis während der akuten Havariephase. Dabei wird die gesamte effektive Dosis an der Grenze der Sanitär-Schutz-Zone hauptsächlich durch Inhalation formiert. Ausgehend von Dargelegtem, wird eine Anwendung der Jod-Prophylaxe für die in 3H wohnende Bevölkerung auf die frühesten Havariephase sichtbar begründet.

Individuelle Risiken der Entstehung von stochastischen Effekten für die Bevölkerung überschreiten im Fall des Gegenmaßnahmenausfalls (Begrenzung des Aufenthalts für die Bevölkerung im Freien) die Grenze des individuellen Risikos auf einer Entfernung von bis 4 km von der Auswurfquelle. Im Fall der Durchführung der angegebenen Gegenmaßnahmen überschreiten die individuellen Risiken der Entstehung stochastischer Effekte die Grenze des individuellen Risikos für die Bevölkerung nicht.

Als Ergebnis der durch Luft- und Windeinwirkung hervorgerufenen Verschmutzung von Landwirtschaftspflanzen und Weidenpflanzen kann die radioaktive Verschmutzung der Landwirtschaftsproduktion bei dem auslegungsüberschreitendem Unfall die in den Normen der Radiationssicherheit der Ukraine festgelegten Entscheidungskriterien über Entnahme, Ersetzung und Beschränkung der Verwendung solcher Produktionen auf einer Entfernung von bis zu 30 km überschreiten. Das heißt, dass eine Wahrscheinlichkeit der Durchführung von notwendigen langfristigen Gegenmaßnahmen existiert.

Bei dem auslegungsüberschreitenden Unfall axial zur Auswurfspur außerhalb der Sanitär-Schutz-Zone kann die Überschreitung des zulässigen Gehaltniveaus von ^{137}Cs in Milch, Rindfleisch, Nahrungsgetreide und Blattgemüse auf einer Entfernung von über 25 km von Chmel'nizkaja Kernkraftwerk, in Kohl bis 20 km, in Obst bis 10 km von Chmel'nizkaja Kernkraftwerk erwartet werden. Bei dem auslegungsüberschreitenden Unfall axial zur Auswurfspur kann der Gehalt von ^{90}Sr in Nahrungsgetreide und Blattgemüse auf einer Entfernung von bis zu 30 km vom Chmel'nizkaja Kernkraftwerk, in Milch bis 10 km sowie in kleinen Entfernungen von 4-6 km in Fleisch, Gemüse und Obst die in "Zulässige Grenzwerte des Radionuklidengehaltes in Lebensmittel und Trinkwasser" [ДП-2006] [35] festgelegten Werte überschreiten. In Übereinstimmung mit den erhaltenen konservativen Auswertungen kann die Verbotsdauer für die Verwendung von den in diesem Gebiet gewachsenen Getreideprodukten und Fleisch zwei Jahre erreichen. Das Gehalt von ^{131}I in Milch vor und hinter der Grenze des Beobachtungsbereiches (bis 40 km von Chmel'nizkaja Kernkraftwerk) begründet die Einführung der Beschränkung ihrer Verwendung bei dem auslegungsüberschreitenden Unfall. Dabei können solche Beschränkungen an der Grenze der Sanitär-Schutz-Zone für lange Zeit (bis zu 2 Monaten nach der Havarie für Kindernahrungsmilch) aufrechterhalten werden.

Die angegebenen Verwendungsbeschränkungen der Lebensmittel örtlicher Erzeugung wurden aufgrund der unteren Grenzen der Vertretbarkeit nach den Normen der Radiationssicherheit der Ukraine [97] [34] ermittelt. Die Begrenzungsparameter (Verbotsdauer, Grundstücksflächen usw.) können bei der Verwendung der unbedingt begründeten Einmischungsniveaus nach den Normen der Radiationssicherheit der Ukraine 97 [34] (für die Entscheidung über Entnahme, Ersetzung und Beschränkung der Verwendung der vom radioaktiv verschmutzten Lebensmittel) deutlich kleiner sein.

Auf diese Weise kann eine Beschränkung der Verwendung der örtlichen Landwirtschaftsproduktion auf bestimmtem Territorium als Gegenmaßnahme bei Havarien notwendig sein.

2.10.3 Bewertung der Nachwirkungen von grenzüberschreitender Übertragung bei Havarien

Neben dem normalen Betriebsniveau wird die grenzüberschreitende Übertragung auch für den größten anzunehmenden Unfall und den auslegungsüberschreitenden Unfall betrachtet.

Nach den Ergebnissen der Bewertung der Nachwirkungen der grenzüberschreitenden Übertragung für die betrachteten Havarien – größter anzunehmender Unfall und auslegungsüberschreitender Unfall, kann man folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- die mit Hilfe des mesoskaligen Modells der atmosphärischen Übertragung LEDI durchgeführten Berechnungen haben gezeigt, dass bei keiner der betrachteten Havarien die Schwelle der individuellen effektiven jährlichen Dosis [46] auf die Mitglieder der Referenzgruppe in den benachbarten Staaten nicht überschritten wird;
- Kritisch ist bei Kindern die Altersgruppe von 1-2 Jahren . Als kritisch kann die Wetteremulation 3A, bei welcher die Niederschläge während der Pflanzenvegetation erfolgen, bezeichnet werden. Der Hauptweg der Dosisbildung (bei allen betrachteten Havarien) für diese Wetteremulation ist die Nahrungskette. In ihr werden rund 99 % der Dosis gebildet;
- Die Hauptrolle in der Dosisbildung bei hypothetischen Havarien für alle betrachteten Wetteremulationen spielt das Radionuklid ¹³¹I.

3.3 Bestrahlungsrisiko

Die Normen der Strahlungssicherheit der Ukraine-97 [34] legen fest, dass bei der praktischen Tätigkeit eines Kernkraftwerks (Verordnungen der 1. Gruppe) die zulässige Bestrahlungsdosis des Personals und der Bevölkerung nicht überschritten werden soll. Mit diesem Ziel werden höchstzulässige Bestrahlungsdosen mit dem zulässigen Aufnahme- und Bestandgrad jeweils für das Personal und die Bevölkerung eingeführt. Die angenommene Höchstgrenze der effektiven Bestrahlungsdosis beträgt in der Ukraine 1 mSv pro Jahr. Dabei ist die Bevölkerung, die in der Nähe vom Kernkraftwerk wohnt, berechtigt, die Quote der Bestrahlungsdosis aufgrund der aerosolförmigen Emission des Kernkraftwerks zu erhalten. Die Quote soll 4 % der höchstzulässigen Bestrahlungsdosis, und zwar < 40 mkSv pro Jahr, nicht überschreiten. Aufgrund des heutigen Wissensstandes im Bereich der Strahlenbiologie des Menschen und der Säugetiere im Allgemeinen muss man die Prognose der Krebserkrankungshäufigkeit und Sterblichkeit nur für Bevölkerungsgruppen mit durchschnittlicher Bestrahlungsdosis ab 100 mSv pro Jahr in Betracht ziehen.

Gemäß den Normen der Strahlungssicherheit der Ukraine-97 beträgt die zulässige Risikogrenze 10^{-5} pro Jahr (10^{-4} 1/Jahr – für das Personal) und die individuelle Risikogrenze bei künstlicher Bestrahlung soll nicht höher als $1 \cdot 10^{-3}$ 1/Jahr für das Personal und $5 \cdot 10^{-5}$ 1/Jahr für die Bevölkerung sein. Die angegebenen Risikogrenzen sind keine Normvorschriften und sind nur dafür angegeben, um die Risiken der ionisierenden Strahlung qualitativ darzustellen.

Laut der modernen Bewertungen ergeben die genetischen Risiken, die ICRP bis auf die zweite Generation angeführt hat, ungefähr 0,2 % per Gy. Diesen Wert hat UNSCEAR schon im Jahr 2001 festgelegt.

3.3.1 Bestrahlungsrisiken beim normalen Betrieb des Chmel'nizkaja Kernkraftwerks

Die Maximalwerte der prognostizierten, jahresdurchschnittlichen effektiven Individualbestrahlungsdosis im 45 Betriebsjahr bei Normalbetrieb mit vier Blöcken wurden 0,5 km östlich vom Kernkraftwerk gemessen und betragen 2,8 mSv pro Jahr. Die festgestellten Bestrahlungswerte des Kernkraftwerks sind eintausend Mal kleiner als die Dosen des natürlichen Strahlungsklimas der Welt, sowie als durchschnittliche Dosen für die Chmel'nizkaja und Rovenskaja Gebiete (jeweils 2,2 und 3,1 mSv pro Jahr). Mit einer Vergrößerung der Entfernung auf 25 km vom Chmel'nizkaja Kernkraftwerk verringert sich die effektive Gesamtdosis der Emission bis auf Hundertstel mSv pro Jahr. Im Fall des Auslegungsstörfalls auf dem Chmel'nizkaja Kernkraftwerk sind die prognostizierten Bestrahlungsdosen für die Bevölkerung außerhalb der sanitären Schutzzone zweimal kleiner als die Normenquote für gasförmige Emissionen des Kernkraftwerks, die in den Normen der Strahlungssicherheit der Ukraine-97 festgelegt wurden. Bei solchen Strahlungsdosen der Bevölkerung lässt sich nur von stochastischen Effekten sprechen. Dabei ist sogar das größte Risiko von stochastischen Effekten (gutartiger oder fataler Krebs, schwere vererbare Schäden) außerhalb der sanitären Schutzzone vernachlässigbar gering (weniger als $5 \cdot 10^{-8}$ pro Jahr) im Vergleich zu den in der Weltpraxis üblichen Todesrisiken von strahlungsfreien Faktoren. In der Weltpraxis sind die Risiken unter 10^{-8} Jahr⁻¹ nicht berücksichtigt, denn sie gelten als vernachlässigbar klein.

3.3.2 Bestrahlungsrisiko beim größten anzunehmenden Unfall (GAU)

Das Gesamtvolumen der radioaktiven Belastung der Umwelt im Fall des GAUs wird von der Undichtheit der hermetischen Auskleidung des Reaktorblocks und durch die gesamte Zeit des Hochdrucks in der Blocksaukleidung bestimmt. Die radioaktive Emission in der Atmosphäre

besteht aus den radioaktiven Edelgasen (REG), Jodradioisotopen, Aerosolen ^{137}Cs und ^{90}Sr und anderen Radionukliden.

Sowohl die individuellen Sterblichkeitsrisiken der Bevölkerung als auch die Berechnung der individuellen Bestrahlungsdosen wurden aufgrund des Systemunterlagenpakets PC COSUMA v.2.1. bewertet. Dieses Programmpaket wurde in der Europäischen Union ausgearbeitet und von der Internationalen Atomenergie-Organisation für solche Bewertungen empfohlen.

Die gemachte Bewertung hat gezeigt, dass die individuellen Sterblichkeitsrisiken der Bevölkerung aufgrund der radioaktiven Bestrahlung nach der aerosolförmigen Emission im Fall des GAUs in dem Kernkraftwerk spurlängs der Grenze der sanitären Schutzzone liegen, sogar unter der zulässigen individuellen Risikogrenze, die $5 \cdot 10^{-5} \text{ Jahr}^{-1}$ beträgt, liegen (Normen der Strahlungssicherheit der Ukraine-97). Die individuellen Sterblichkeitsrisiken der Bevölkerung liegen jeweils unter $2,0 \cdot 10^{-6}$ und $3,8 \cdot 10^{-6}$, unabhängig davon, ob Gegenmaßnahmen eingeleitet wurden oder nicht. Innerhalb der sanitären Schutzzone übersteigen die individuellen Sterblichkeitsrisiken des Personals wegen der radioaktiven Bestrahlung im Fall des GAUs die individuelle Risikogrenze, die $10^{-3} \text{ Jahr}^{-1}$ beträgt, nicht.

3.3.3 Bestrahlungsrisiko beim auslegungsüberschreitenden Störfall

Im Fall des auslegungsüberschreitenden Störfalls ist das folgende Szenario üblich: Guillotine-Rohrleitungsbruch des Hauptumwälzkreislaufs mit Nenndurchmesser $2 \cdot 850 \text{ mm}$ mit darauffolgendem Versagen des Kernnotkühlsystems und der funktionsfähigen Sprinkleranlage.

Das Gesamtvolumen der radioaktiven Emission in die Umwelt im Fall des auslegungsüberschreitenden Störfalls wird durch die Undichtheit der hermetischen Auskleidung des Reaktorblocks und die gesamte Zeit des Hochdrucks in der Blockauskleidung bestimmt. Die radioaktive Emission in der Atmosphäre besteht aus den radioaktiven Edelgasen (REG), Jodradioisotopen (großer Anteil des organischen Jods) und Aerosolen ^{137}Cs und ^{90}Sr .

Die Bewertungen der individuellen Entstehungsrisiken der stochastischen Effekte wurden unter gleichen Bedingungen und Voraussetzungen wie beim GAU mit Verwendung des Systemunterlagenpakets PC COSYMA v.2.1. durchgeführt.

Die gemachte Bewertung hat gezeigt, dass die individuellen Sterblichkeitsrisiken der Bevölkerung wegen der künstlichen radioaktiven Bestrahlung nach der aerosolförmigen Emission spurlängs der Grenze der sanitären Schutzzone im Fall des auslegungsüberschreitenden Störfalls auf dem Kernkraftwerk nach den Schutzmaßnahmen unter $1,3 \cdot 10^{-5}$ liegen und die zulässige individuelle Risikogrenze, die $5 \cdot 10^{-5} \text{ Jahr}^{-1}$ beträgt [34], nicht überschreiten. Falls keine Schutzmaßnahmen spurlängs der Grenze der sanitären Schutzzone einige hundert Meter entfernt von der Schutzzone bei den ungünstigsten Wetterbedingungen (Kontamination während der Erntezeit bei den ungünstigsten Wetterbedingungen) unternommen werden, kann die Sterblichkeitsrisikogrenze der Bevölkerung auf sehr begrenztem Gebiet den Wert von $5 \cdot 10^{-5} \text{ Jahr}^{-1}$ überschreiten. Durch eine Einführung einer Begrenzung des Konsums der aus diesem Gebiet stammenden Lebensmittel, kann die Strahlungsbelastung der Bevölkerung verringert werden. Innerhalb der sanitären Schutzzone übersteigen die individuellen Sterblichkeitsrisiken des Personals wegen der radioaktiven, künstlichen Bestrahlung im Fall des auslegungsüberschreitenden Störfalls die individuelle Risikogrenze, die $10^{-3} \text{ Jahr}^{-1}$ beträgt, nicht.

Die oben genannten Auslegungsstörfälle auf dem Chmel'nizkaja Kernkraftwerk (GAU, auslegungsüberschreitender Störfall) stellen keine radioaktive Gefahr für die Bevölkerung dar, denn entsprechend aller normativen Dokumente von Ukraine, Russland, Großbritannien und der Europäischen Union übersteigen die individuellen Entstehungsrisiken der stochastischen Effekte

aufgrund der gasförmigen Emissionen des Chmel'nizkaja Kernkraftwerks bei der Bevölkerung außerhalb der sanitären Schutzzone die zulässige Bestrahlungsgrenze in den Normen der Strahlungssicherheit der Ukraine-97 nicht. Es gibt kein Risiko der Entstehung der deterministischen Effekten.

4.2 Schutzmaßnahmen

4.2.1 Architektonisch-bauliche und gestalterische Lösungen

Bei der baulichen und architektonischen Projektierung des Kernkraftwerkindustriegeländes sind besondere Maßnahmen für die Begrenzung der schädlichen radioaktiven Belastung der Umwelt vorgesehen.

Eine der wichtigsten Maßnahme des Projektes besteht in der Dichtungssicherung der Gebäude und Anlagen, worin radioaktives Material bearbeitet und gelagert wird.

Bei dem Projekt ist eine hermetische Hülle um die Rüstung des Primärkreislaufs im Reaktorhaus vorgesehen, um die Energie, die wegen der Undichtheit oder nach dem Primärleitungsbruch befreit werden kann, zu lokalisieren und dabei auch um den Schutz des Primärkreislaufs vor extremen Einwirkungen zu gewährleisten.

In der Konstruktion der Fundamente der Reaktorhäuser, der Sonderwasserreinigungsanlage, des Lagers für feste radioaktive Abfälle sind massive Stahlbetonsteinplatten mit dem besonderen Feuchtigkeitsschutz gegen die Migration der flüssigen radioaktiven Abfälle in den Erdboden des Gebäudes und des gesamten Geländes vorgesehen.

Zum Schutz aller Bauteile sowohl vor der Einwirkung von flüssigen radioaktiven Abfällen infolge von Lecken in Prozessrohrleitungen und von Dekontaminationslösungen als auch zum Schutz vor ihrer Freisetzung in die Umwelt (in den Boden) sind innere Flächen der umschließenden Konstruktion von der kontaminierten Prozessrohrleitungsbrücke zwischen den Reaktorblöcken und dem Sonderblock für Bearbeitung des radioaktiven Materials mit hermetischer Stahlblechhauskleidung gesichert.

Umschließende Außenkonstruktionen der Reaktorblöcke, Sonderwasserreinigungsanlage des Sonderblocks, des Lagers für feste radioaktive Abfälle, der kontaminierten Prozessrohrleitungsbrücke zwischen den Reaktorblöcken und dem Sonderblock erfüllen, zur Lokalisierung der ionisierenden Strahlung, die Funktion des biologischen Schutzes, indem sie als biologische Schutzabschirmung ionisierende Strahlung absorbieren und ihre Freisetzung in die Umwelt verhindern.

Das hygienische Hauptprinzip der gesamten Anlage- und Gebäudeplanung ist die Gliederung der Gebäude und Anlagen gemäß dem technologischen Vorgangstyp, der Ausrüstung, dem Grad und Typ der möglichen Raumkontamination. Solch eine Gliederung ermöglicht organisierte Bewegung des Personals und Verhinderung der radioaktiven Belastung der Umwelt.

Alle Betriebsanlagen sind in zwei Zonen gegliedert:

- Die kontrollierte Zone (aktiver Kontrollbereich), wo das Personal den schädlichen Strahlungsfaktoren ausgesetzt sein kann;
- Die unkontrollierte Zone (freier Bereich), wo schädliche Strahlungsfaktoren für das Personal beim normalen Betrieb ausgeschlossen sind.

Die Zonengliederung ist im Reaktorhaus, Sonderblock und im Lagergebäude für feste radioaktive Abfälle vorgesehen. Ein- und Austritt des Personals aus dem aktiven Kontrollbereich soll nur durch die Personalschleuse im Sonderblock erfolgen.

Auf dem Industriegelände ist die bedingt „kontaminierte“ Zone, wo sich Gebäude und Anlagen für Bearbeitung des radioaktiven Materials befinden, kenntlich gemacht. Die Gliederung des Industriegeländes in bedingt „kontaminierte“ und „saubere“ Zone soll zudem die unkontrollierte Kontamination sowohl auf dem als auch außerhalb des Geländes verhindern. Aufgrund der Zonengliederung des Industriegeländes nach dem Betriebstyp und der

architektonisch-räumlichen Lösungen des Kernkraftwerks werden auch Lösungen der Außengestaltung und Begrünung realisiert. Im Außengestaltungsprojekt des Betriebsgeländes sind Fußwege, Rastplätze, kleine Bauwerke und Begrünung vorgesehen, die die bedingt „saubere“ Zone, im Unterschied zur bedingt „kontaminierten“ Zone, gestalten sollen.

4.2.2 Die Maßnahmen zur Verminderung der radioaktiven Belastung der Umwelt

4.2.2.1 Umweltschutzmaßnahmen vor ionisierender Strahlung

Die Umweltschutzmaßnahmen vor ionisierender Strahlung (beim Kernkraftwerkbetrieb) werden durch folgende Maßnahmen und Anlagen gewährleistet:

- Einrichtung von Lokalisierungsbarrieren nach dem Prinzip des tiefgestaffelten Schutzes;
- Bildung von geschlossenen Kreisläufen mit radioaktiven Substanzen;
- Anordnung von Drucksystemen des Primärkreislaufs sollen innerhalb der Sicherheitsbehälter;
- Bildung von Zwischenkreisläufen des Kühlwassers;
- Gliederung des Industriegeländes in aktiven und freien Kontrollbereich;
- Trennung des Lüftungssystems des aktiven Kontrollbereiches von dem des freien Kontrollbereiches;
- Kontrollierte Sammlung und Reinigung der radioaktiven Materiallecke;
- Kontrollierte Sammlung der flüssigen und festen radioaktiven Abfälle;
- Abfalllagerung und -aufarbeitung in einem Sondergebäude;
- Unterhalt des natürlichen Strahlungsklimas in den Industrieräumen durch das Lüftungssystem;
- Lokalisierungssystem für Störfälle im Reaktorhaus.

Um radioaktive Emissionen in die Atmosphäre, Oberflächen- und Grundwässer, Boden und Nahrungsketten zu verhindern, sind folgende Umweltschutzmaßnahmen anzuwenden:

- Vorhandensein eines speziellen Lokalisierungssystems, das die Verbreitung von radioaktiven Substanzen in der Umwelt vorbeugt;
- System der Luftreinigung und Entlüftung, das durch folgende Maßnahmen erfolgt:
 - die entfernte, radioaktive Isotope enthaltende Luft soll durch Aerosol- und Jodfilter gereinigt werden;
 - Es werden Messungen zur Feststellung von des Edelgas-, Aerosol- und Jodanteils in der Luft durchgeführt;
 - das Lüftungssystem soll den subatmosphärischen Druck im Containment-Bereich einhalten, was im Fall eines Lecks im Primärkreislauf den Luftdurchgang durch die Filter bei der ständigen Kontrolle seiner Aktivität sichert;
 - die Aufbereitung radioaktiver Abgase erfolgt anhand der Adsorptionsfilter, wo der größte Teil der radioaktiven Xenon- und Kryptonisotope zerfällt;
 - der kontrollierte Luftausstoß aus den Gebäuden des aktiven Kontrollbereichs und des Sonderblocks in die Atmosphäre (durch die 100 m hohen Luftrohre wird die mit Radionukliden kontaminierte Luft in der Atmosphärenluft zerstreut, sodass die Konzentration der Radionuklide in der Luft unter zulässigen Normen liegt);
- sanitäre Schutzzone;
- Kontrollsystem der Strahlungssituation in der sanitären Schutzzone und im Beobachtungsbereich;
- Kontrollsystem der Emissionen in jedem Luftrohr, wobei die Emissionen kontinuierlich durch das integrierte Leitsystem sowie durch einzelne Geräte ausgeführt werden;
- Organisation der Kontrolle der Konzentration der Jodaerosole in der Luft vor dem Durchgang durch die Filter des Lüftungssystems und danach.

Die grundlegenden technischen Lösungen zur Reinigung der gasförmigen Emissionen:

- Die Reinigung der Luft von den gasförmigen radioaktiven Auswürfen vor dem Ausstoß in die Atmosphäre durch das Lüftungsrohr erfolgt anhand der Aerosol- und Jodfilter, die zu den entsprechenden technologischen und Lüftungssystemen gehören.;

- System der hermetischen Schutzeinrichtung für die Reinigung der Ausrüstungsabgase von Anlagen, die radioaktive Stoffe enthalten;

- zum System der hermetischen Schutzeinrichtung gehören voneinander unabhängige Verfahren der Gastrocknung, Gaskühlung und Gasreinigung mit Hilfe von Kohlenfiltern;

- Grad der Gasreinigung nach ^{133}Xe mindestens 2,5 Ordnungen.

An das Luftrohr des Reaktorhauses sind zudem das Lüftungssystem der Hilfsgelände und das Wasserstoffverbrennungssystem angeschlossen, sodass gasförmige Emissionen nochmal kontrolliert und filtriert sind, bevor sie in das Luftrohr gelangen.

Um die Verbreitung der radioaktiven Partikeln durch Rieselbehälter der Nebenkühlwasserversorgung für die Verbrauchergruppe A zu verhindern, sind folgende technische Maßnahmen vorgesehen:

- Kontrolle der spezifischen Nebenkühlwasseraktivität nach dem Notkühlwärmetauscher, mit der Erteilung eines Warnsignals an die Bedienungskonsole;

- Einrichtung eines 12,5 m breiten wasserdichteren Asphaltdeckwerks abfallend in Richtung der Wasserbecken um den Rieselbehälter (um den größten Teil der Feuchtigkeitsmasse bei der Verwehung aufzufangen).

Wenn es möglich ist, spezifische Nebenkühlwasseraktivität beim Ablauf aus dem Notkühlwärmetauscher zu kontrollieren, kann der Operator (im Fall der Entdichtung des Rohrsystems im Notkühlwärmetauscher) das Reaktornotkühlsystem abschalten und dessen Subsystem einschalten und auf solche Weise weitere Verschmutzung des Rieselbehälters verhindern.

Um die Wasserfiltration im Rieselbehälter zu vermeiden, ist eine wasserdichte Stahlbetonverkleidung mit hermetischen Fugen und wasserdichter Abschirmung aus Polyäthylenfolie mit dem kontrollierbaren Dränagesystem vorgesehen.

Im gesamten Kernkraftwerk, einschließlich der Reaktorblöcke 3 und 4, sind folgende Maßnahmen für den Grundwasserschutz vor Kontamination vorgesehen:

- Wasser aus allen unkontrollierten Lecks im aktiven Kontrollbereich wird durch ein Sonderkanalisationsnetz gesammelt;

- die Rohre der Sonderkanalisation sind aus rostfreiem Stahl und werden in mit Kohlenstoffstahl mit Epoxidharzbelag ausgekleideten Rohrkanälen verlegt;

- Abwässer, die kontaminiert werden können, sind in der Spezialwasseranlage gereinigt und werden im Kreislaufzyklus des Kernkraftwerks wiederverwendet;

- die Räume der Spezialwasseranlage, wo sich Behälter mit kontaminiertem Wasser und Abfälle befinden, haben Metallflachpaletten oder sind mit rostfreiem Stahl bis auf das mögliche Überflutungsniveau des Raums ausgekleidet;

- in den Räumen mit Behältern für kontaminierte Wässer und Abfälle sind Wassergruben mit dem Wasserkontrollleuchter vorhanden;

- das flüssige kontaminierte Material, das gereinigt werden muss, wird in den Sonderblock durch rostfreie Rohre der Rohrleitungsbrücke geleitet, sodass radioaktive Belastung der Umwelt ausgeschlossen ist.

Strahlenschutz des Personals bei der Arbeit mit kontaminierten festen Abfällen und Vorbeugung der radioaktiven Belastung der Umwelt sind anhand folgender technischer Mittel garantiert:

- Sonderausrüstung für die kontaminierten festen Abfälle (Container, Fahrzeuge usw.);

- mechanische Ladungsumschlagsausrüstung;

- Mittel der Strahlungskontrolle und Dekontamination.

Alle verkehrstechnischen Arbeiten mit kontaminierten festen Abfällen sollen durch Strahlungskontrolle begleitet werden, um Strahlenschutzsicherheit des Kernkraftwerkpersonals zu sichern.

Alle Barrieren und Mittel, die der Radionuklidbelastung der Umwelt vorbeugen, werden durch das Strahlungskontrollsystem des Kernkraftwerks kontrolliert.

4.2.2.2 Vorausgesehene Steuerungsmaßnahmen des auslegungsüberschreitenden Störfalls für die Verminderung der radioaktiven Belastung der Umwelt

Unter Steuerungsmaßnahmen des auslegungsüberschreitenden Störfalls sind die Maßnahmen gemeint, die zur Verhinderung der weiteren Verbreitung der Projektunfälle beim auslegungsüberschreitendem Störfall und seiner Folgen dienen.

Steuerungsmaßnahmen des auslegungsüberschreitenden Störfalls sind durch die Allgemeinen Bestimmungen der Kernkraftsicherheit in der Ukraine (2008) [43] festgelegt. Gemäß diesem Dokument ist das Folgende ausgearbeitet:

- Steuerungsmaßnahmen des auslegungsüberschreitenden Störfalls sowohl im Reaktorblock als auch im Kernkraftwerk;
- Sonderanweisungen (erarbeitet von Kernkraftverwaltung);
- Methoden und Programme des Notschutztrainings (erarbeitet von der Betriebsorganisation);
- Verbessertes Schema der Nothandlungen auf dem Chmel'nizkaja Kernkraftwerk, nach der Inbetriebnahme der Reaktorblöcke 3 und 4.

Für diese Maßnahmen können sämtliche vorhandenen und betriebsfähigen technischen Mittel benutzt werden, die zum normalen Betrieb und zur Beherrschung des auslegungsüberschreitenden Störfalls dienen. Zudem können auch organisatorisch-technische Mittel, die mit den Systemen der anderen Blöcke, beweglicher Systeme und anderer Systeme zusammenhängen, zu diesem Zweck verwendet werden, obwohl sie nicht zur Unfallbewältigung dienen.

Das Chmel'nizkaja Kernkraftwerk wird von einigen paramilitärischen Feuerwehrruppen des Ministeriums für innere Angelegenheiten der Ukraine vertragsgemäß geschützt. Zum Personalstand eines Feuerwehrrupps gehören:

- Inspektoren des staatlichen Feuerwehrdiensts, die rund um die Uhr alle ordnungsgemäßen Beobachtungen machen;
- bewegliche Feuerwehrruppen, die gemäß den in einer bestimmten Ordnung festgelegten Feuerwehrplänen arbeiten.

Laut den Allgemeinen Bestimmungen der Kernkraftsicherheit in der Ukraine (2008) [43] wird der Feuerwehrrupp als organisationstechnische Einheit, die an den Steuerungsmaßnahmen des auslegungsüberschreitenden Störfalls teilnimmt, angesehen.