

УДК 574:316:621.311.25(477)

В. А. Прилипко<sup>1</sup>✉, М. М. Морозова<sup>1</sup>, І. В. Бондаренко<sup>1</sup>, О. О. Петриченко<sup>2</sup>, О. М. Романенко<sup>3</sup>,  
К. К. Туз<sup>1</sup>, Ю. Ю. Озерова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України», вул. Юрія Ілленка, 53, м. Київ, 04050, Україна

<sup>2</sup>Національна академія медичних наук України, вул. Герцена, 12, м. Київ, 04050, Україна

<sup>3</sup>Виробниче підприємство «Рівненська АЕС», м. Вараши, Рівненська обл., 34400, Україна

## ВПЛИВ ДІЯЛЬНОСТІ РІВНЕНСЬКОЇ АЕС НА ПРИРОДНЕ ТА СОЦІАЛЬНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ЗОНИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

**Мета:** оцінка впливу діяльності Рівненської атомної електростанції (РАЕС) на навколишнє середовище зони спостереження (ЗС) за показниками екологічного та радіаційного моніторингу в динаміці 2011–2017 рр. як складової системи радіаційної безпеки.

**Матеріали і методи.** Для оцінки навколишнього середовища ЗС виробничого підприємства «Рівненська АЕС» було проведено аналіз даних географічних і природних особливостей її території. Оцінка екологічної та радіаційної ситуації ЗС проведена за даними систем моніторингу «РАЕС» і ряду державних установ Рівненської області в динаміці 2011–2017 рр.. Вивчена думка населення ЗС щодо впливу РАЕС на навколишнє середовище. Вибіркову сукупність опитаних розраховано, виходячи із загальної чисельності населення, яке мешкає в ЗС, похибка вибірки не перевищувала 7,0 %. Дані соціологічного опитування населення було обчислено за допомогою статистичних програм.

**Результати.** Радіаційний вплив РАЕС на довкілля пов'язаний з викидами та скидами радіоактивних речовин, утворених у виробничому циклі. В динаміці сумарний індекс скиду радіонуклідів до р. Стир, починаючи з 2011 року, має виражену тенденцію до зниження з 2,11 % до 0,18 %. Максимальні концентрації радіонуклідів (<sup>60</sup>Co, <sup>137</sup>Cs) в трьох точках відбору проб по течії річки Стир в динаміці 2011–2016 рр. складають близько тисячних відсотка, а <sup>131</sup>I – сотих відсотка від допустимого значення за Нормами радіаційної безпеки України. Викиди інертних радіоактивних газів, довгоживучих нуклідів в атмосферне повітря до ліміту викидів складають менше 0,2 %, викиди йоду – 0,01 %. Середні концентрації радіонуклідів в атмосферному повітрі населених пунктів ЗС РАЕС не перевищують гранично допустимих концентрацій (ГДК). Концентрації хімічних забруднюючих речовин у скидах РАЕС до р. Стир в динаміці 2012–2017 рр. не перевищували гранично допустимих концентрацій. Сумісні скиди комунальних підприємств ЗС та РАЕС обумовлюють в р. Стир підвищений вміст показника біохімічного споживання кисню, амонію сольового, значення яких перевищували нормативи ГДК для водойм рибогосподарського використання. Перевищення ГДК шкідливих речовин в атмосферному повітрі поселень за досліджуваними забруднюючими речовинами не спостерігалось. За даними опитування населення головними факторами, що визначають екологічну ситуацію за місцем проживання, є радіаційне забруднення територій внаслідок аварії на ЧАЕС та діяльність РАЕС, що обумовлює відчуття тривожності. Встановлені коефіцієнти кореляції між показником тривожності та оцінками екологічної ситуації населенням.

**Висновки.** Вміст радіонуклідів у викидах і скидах, утворених у виробничому циклі РАЕС в умовах повсякдення, не перевищує допустимих величин НРБУ-97. Основними джерелами забруднення хімічними речовинами поверхневих водойм в ЗС є сумісні скиди колективних господарств і РАЕС. Більш високий коефіцієнт кореляції між показниками тривоги і соматизації та показником сфери довкілля у сільського населення порівняно з міським. Комбінована дія екологічних, радіаційних і психологічних чинників на населення ЗС РАЕС обумовлює необхідність вивчення стану здоров'я останнього.

**Ключові слова:** навколишнє середовище, зона спостереження АЕС, екологічний моніторинг, громадська думка.

*Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2019. Вип. 24. С. 131–149. doi: 10.33145/2304-8336-2019-24-131-149*

✉ Прилипко Валентина Антонівна, e-mail: medsocncrm@gmail.com

V. A. Prylypko<sup>1</sup>✉, M. M. Morozova<sup>1</sup>, I. V. Bondarenko<sup>1</sup>, O. O. Petrychenko<sup>2</sup>, O. M. Romanenko<sup>3</sup>, K. K. Tuz<sup>1</sup>, Yu. Yu. Ozerova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>State Institution «National Research Center for radiation Medicine of the National Academy of medical Sciences of Ukraine», 53 Yurii Illienka str., Kyiv, 04050, Ukraine

<sup>2</sup>National Academy of medical Sciences of Ukraine, 12 Gertsena St., Kyiv, 04050, Ukraine

<sup>3</sup>Manufacturing facility «Rivne NPP», Varash city, Rivne oblast, 34400, Ukraine

## **IMPACT OF THE RIVNE NPP ACTIVITY ON NATURAL AND SOCIAL ENVIRONMENT OF THE CONTROL AREA**

**Objective.** To assess an impact of the Rivne Nuclear Power Plant (RNPP) activity on the control area (CA) environment according to environmental and radiation monitoring data over time of 2011–2017 as a component of the radiation safety system.

**Materials and methods.** Review of geographical and natural features of the territory of the «Rivne NPP» manufacturing facility was carried out to assess its CA environment. Assessment of environmental and radiation situation of the CA was carried out according to the data of RNPP monitoring systems and a number of state institutions of Rivne oblast over time of 2011–2017. Opinion of the CA population about the RNPP environmental impact was studied. The sampled population of respondents was calculated based on the total population living in CA. The sampling error no more that 7.0%. Data from sociological survey of population were calculated using the statistical programs.

**Results.** The radiation impact of RNPP on environment is related to emissions and discharges of radioactive substances generated in the production cycle. Over time the total index of radionuclide discharge to the Styr River since 2011 is of a marked downward trend from 2.11 % to 0.18 %. The maximum concentrations of <sup>60</sup>Co and <sup>137</sup>Cs radionuclides at the three sampling points along the Styr River over time of 2011–2016 were about one thousandth of a percent, and of <sup>131</sup>I – one hundredth of a permissible value according to the Radiation Safety Standards of Ukraine (RSSU). Emissions of inert radioactive gases and long-lived nuclides into the atmosphere were less than 0.2 % and iodine emissions were 0.01 % to the emission limit. Average radionuclide concentrations in the natural air of the RNPP CA settlements did not exceed the admissible concentration limit (ACL). Concentrations of chemical pollutants in discharges of the RNPP to the Styr River over time of 2012–2017 did not exceed the ACL. Integral wastewaters of municipal enterprises of the CA and RNPP result in an increased index of biochemical oxygen utilization and ammonium salt content in the Styr River, exceeding the ACL in fishery reservoir water. No exceedance of ACL of repugnant substances in the open air of settlements was observed regarding the pollutants under study. According to population survey the radiation contamination of territories as a result of the ChNPP accident and RNPP activities, which cause anxiety, are the key factors determining an environmental situation at the place of residence. The correlation coefficients between anxiety index and public estimates of environmental situation are established.

**Conclusions.** Content of radionuclides in emissions and discharges generated in the RNPP production cycle under everyday conditions does not exceed the allowed RSSU-97 values. The combined discharges of collective enterprises and RNPP are the main sources of chemical pollution of surface waters in CA. There is a higher correlation coefficient between the anxiety and somatization rates and environmental sphere parameter in rural population compared to urban one. The combined effect of environmental, radiation and psychological factors on the RNPP CA population makes the health studies necessary in the latter.

Key words: environment, RNPP control area, environmental monitoring, public opinion.

*Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2019;24:131-149. doi: 10.33145/2304-8336-2019-24-131-149*

### **ВСТУП**

До аварії на ЧАЕС екологічні проблеми атомної енергетики знаходились на другому плані порівняно з її перевагами. Природно, що після двох масштабних аварій (ЧАЕС і Фукусіма) екологічні проблеми атом-

### **INTRODUCTION**

Prior to ChNPP accident, the environmental problems of nuclear power were in a background compared to its benefits. Naturally, after two major accidents (ChNPP and Fukushima NPP) the environ-

✉ Valentina A. Prylypko, e-mail: medsoocrm@gmail.com

ної енергетики перемістилися на перші місця в рейтингу питань розвитку світового енергетичного комплексу. Вирішення екологічних проблем атомної енергетики як в умовах повсякденної діяльності, так і на випадок надзвичайної ситуації (НС) на АЕС є життєвою необхідністю. В Україні та Європі вивчаються питання розробки науково-методологічних основ радіоекологічного моніторингу АЕС [1, 2], призначення санітарно-захисних зон АЕС [3], захворюваності населення, що мешкає поряд з АЕС [4–6]. Досліджуються питання, пов'язані з ядерними та радіаційними ризиками АЕС [7, 8], ставленням громадськості до діяльності АЕС [9, 10]. Географічне розміщення АЕС і природні умови мають важливе значення для формування екологічної ситуації в зоні спостереження (ЗС) діючих АЕС як у повсякденні, так і за умови надзвичайних ситуацій (НС).

### **МЕТА**

Метою дослідження стала оцінка впливу діяльності Рівненської АЕС на навколишнє середовище ЗС за показниками екологічного та радіаційного моніторингу в динаміці 2011–2017 рр. як складової системи радіаційної безпеки.

### **МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ**

Для оцінки навколишнього середовища ЗС РАЕС було проведено аналіз даних щодо географічних і природних особливостей її території. Для оцінки стану атмосферного повітря, відкритих водойм ЗС РАЕС, ґрунту використовували системи моніторингу за джерелами впливу та інгредієнтний моніторинг (окремих забруднюючих речовин, радіоактивних випромінювань і т. ін.). В процесі дослідження використано статистичні дані ряду державних установ (ДУ) Рівненської області: Рівненський філіал ДУ «Держґрунтохорона», ДУ «Рівненський обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України»; державної екологічної інспекції; підприємств: виробниче підприємство «Рівненська АЕС», виробниче комунальне господарство «Рівне-облводоканал», Рівненська гідрогеолого-меліоративна експедиція Рівненського обласного управління водних ресурсів. Дані екологічних моніторингу установ різного підпорядкування не об'єднані в єдину базу, що ускладнює оцінку впливу на навколишнє середовище. Оцінку якості поверхневих вод р. Стир, звідки забирається вода для РАЕС і куди скидаються промислові води, проведено за показниками забруднюючих речовин: завислі речовини, рН, розчинений кисень, сульфати, хлориди, кальцій, магній, твер-

mental problems of nuclear energy acquired a top priority spot in the ranking of issues of the world energy complex development. Solution to the environmental problems of nuclear power, either in an ordinary course of activities or in an event of NPP emergency is a basic necessity. Issues of the development of scientific and methodological bases of NPP radioecological monitoring [1, 2], designation of NPP sanitary protection zones [3], and public morbidity near the NPPs are studied in Ukraine and Europe [4–6]. Issues related to nuclear and radiation risks of NPPs [7, 8], public attitudes to NPP activities are investigated too [9, 10]. Geographical location of the NPP and respective natural conditions there are important for the formation of environmental situation in the control area (CA) of operating NPP both in everyday and in case of emergency situation (ES).

### **OBJECTIVE**

The study was aimed at evaluation of the impact of Rivne NPP (RNPP) activity on the environment of CA according to indicators of environmental and radiation monitoring over time of 2011–2017 as a component of radiation safety system.

### **MATERIALS AND METHODS**

Data on geographical and natural features of the RNPP CA territory were reviewed to assay its environment. Monitoring systems for the sources of exposure and ingredient monitoring (specific pollutants, ionizing radiation, etc.) were applied to assess the state of open air, open waters and soil of the RNPP CA. Statistical data from the state institutions (SIs) of the Rivne oblast were used, namely from the Rivne Branch of the SI «State Soil Protection Agency», SI «Rivne Regional Laboratory Center of the Ministry of Health of Ukraine», State Environmental Inspection, manufacturing facilities «Rivne NPP», public service manufacturing facility «Rivne Water Services Company», Rivne Hydrogeological and Reclamation Expedition of the Rivne Regional Water Resources Administration. Environmental monitoring data from institutions of different subordination are not integrated into a single database, which complicates the environmental impact assessment. Surface water quality in the Styr River where the water is received from the RNPP and where industrial water is discharged was tested with assay of pollutants, namely the suspended matters, pH, dissolved oxygen, sulfates, chlorides, calcium, magnesium, hardness, dry residual, chemical oxygen de-

дість, сухий залишок, хімічне споживання кисню (ХСК), БСК, амоній, амоній сольовий, аніони, синтетичні поверхневі активні речовини (СПАР), нітри-ти, нітрати, нафтопродукти, фосфати, залізо, мідь, цинк. Дані викидів забруднюючих речовин (пилу, діоксиду сірки, діоксиду азоту, оксиду вуглецю) в атмосферне повітря стаціонарними і пересувними дже-релами забруднення в ЗС оцінювали за обсягом і щільністю викидів та з розрахунку на душу населення.

Для оцінки радіаційного стану навколишнього се-редовища ЗС було використано дані моніторингу лабораторії зовнішнього радіаційного контролю це-ху радіаційної безпеки РАЕС. Контроль проб у нав-колишньому середовищі відбувається за конкретни-ми параметрами: об'ємна активність радіонуклідів у поверхневих водоймах; сумарна річна активність скидів в р. Стир; об'ємна активність радіонуклідів в атмосферному повітрі; питома активність радіо-нуклідів в атмосферних опадах; питома активність радіонуклідів у поверхневому шарі ґрунту; питома активність радіонуклідів в рослинності; питома ак-тивність радіонуклідів в молоці та сільськогоспо-дарській продукції. Дані моніторингу РАЕС та дані екологічних відомчих моніторинрів не об'єднані між собою в єдину систему, що дозволило б більш повно характеризувати стан навколишнього середовища в ЗС РАЕС.

Для вивчення думки населення ЗС РАЕС щодо оцінки екологічної ситуації і впливу РАЕС на навко-лишнє середовище було розроблено анкету і проведе-но опитування. Для оцінки показників екологічної си-туації застосовано 5-бальну шкалу вимірювання. Складовим елементом соціологічної анкети став опи-тувальник General Health Questionnaire GHQ 28 [11], дані якого дозволяють оцінити психічний стан дослід-жуваних груп населення при епідеміологічних дослід-женнях. Він застосовувався для оцінки психологічно-го дистресу і виявлення малих психічних розладів у на-селення в післяаварійному періоді. При опитуванні населення був застосований безповторний ймовір-нісний відбір. Вибіркову сукупність розраховано, ви-ходячи із загальної чисельності населення, яке мешкає в ЗС РАЕС, де похибка вибірки не перевищує 7,0 %. Опитування проведено на виробничих підприємствах приватної та державної форм власності у місті Вараш та 17 селищах Володимирецького району ЗС РАЕС. При опитуванні працездатного населення були врахо-вані усі вікові групи населення від 20 до 65 років. Дані соціологічного опитування та тестування населення було закодовано, введено у персональний комп'ютер і обчислено за допомогою статистичних програм [12].

mand (COD), biochemical oxygen demand (BOD), ammonium, saline ammonium, anions, synthetic surface active substances (SSAS), nitrites, nitrates, petroleum products, phosphates, iron, copper, and zinc. Emissions of pollutants (dust, sul- fur dioxide, nitrogen dioxide, carbon monoxide) into the open air from stationary and mobile sources of pollution in the CA were estimated by volume and density of emissions and calculated per capita.

Monitoring data from the Laboratory of External Radiation Control of the RNPP Radiation Safety Division were used to assess the environmental radiation status of CA. Environmental samples were monitored according to the specific parame- ters, namely the bulk activity of radionuclides in surface watercourses, total annual activity of dis- charges into the Styr River, volumetric activity of radionuclides in free air, specific activity of radionuclides in atmospheric precipitation, specif- ic activity of radionuclides in the surface layer of soil, specific activity of radionuclides in vegetation, and specific activity of radionuclides in milk and agricultural products. The RNPP monitoring data and data of environmental institutional monitoring are not integrated into a single system, which otherwise could allow a more complete charac- terization of the RNPP CA environment.

A questionnaire was developed and a survey was conducted to study the opinion of RNPP CA popu- lation on the assessment of environmental situation and RNPP environmental impact. A 5-point scale was used to assess the environmental situation. The General Health Questionnaire GHQ-28 [11] was applied as an integral element of the sociological questionnaire. The GHQ-28 data allow assessing the mental state of studied population in epidemiologi- cal studies. It was used to estimate a psychological distress and identify any minor psychiatric disorders in the post-accident period. A repeated probability sampling was applied in the population survey. The sample population was calculated based on the total size of population living in RNPP CA, where the sampling error does not exceed 7.0%. The survey was conducted at the private and state-owned ma- nufacturing facilities in Varash City and 17 settle- ments of Volodymyretsky district of the RNPP CA. All age groups from 20 to 65 were taken into account when interviewing the able-bodied population. Data from the sociological survey and population testing were coded, entered into a personal computer and calculated using the statistical software [12].

## РЕЗУЛЬТАТИ

РАЕС знаходиться в північно-західній частині Рівненської області у Володимирецькому районі на березі річки Стир. Грунтовий покрив ЗС РАЕС достатньо різноманітний, тут: дерново-підзолисті, дернові, алювіальні, лугові, лугово-болотяні, торф'янисто- і торф'яно-болотяні ґрунти, торф'яники. Тип місцевості, гідрографія та тип рослинного покриву обумовили наступний розподіл коефіцієнтів переходу цезію з ґрунту в рослини: на 60,0 % території агроландшафтів рослинність має коефіцієнт переходу в межах 1–5 (Бк/кг)/(кБк/м<sup>2</sup>), на 20,0 % території – 5–20 (Бк/кг)/(кБк/м<sup>2</sup>), на 9,0 % території – 20–40 (Бк/кг)/(кБк/м<sup>2</sup>) і на 12,0 % території – 40–190 (Бк/кг)/(кБк/м<sup>2</sup>) [13].

В межах ЗС спостерігаються такі несприятливі екзогенні геологічні процеси: карстоутворення, яружна ерозія, площинна ерозія, заболочування місцевості (підтоплення). В межах промислового майданчику РАЕС і м. Вараш основним небезпечним екзогенним процесом є розвиток карсту. Сейсмічні ризики на території РАЕС визначаються сейсмічністю українського щита.

Клімат району розміщення РАЕС помірно-континентальний з позитивним балансом вологи, з порівняно високими температурами і невеликою відносною вологістю повітря влітку та низькими температурами, високою вологістю і наявністю сніжного покриву взимку. В межах промислового майданчика РАЕС і м. Вараш переважають вітри західного напрямку. В зоні спостереження малі швидкості вітру (до 3 м/с) є найтривалішими, їх повторюваність складає 68,0–78,0 %.

РАЕС – найбільший в області споживач води з природних джерел [14]. Радіаційний вплив АЕС на довкілля пов'язаний з викидами та скидами радіоактивних речовин, утворених у виробничому циклі АЕС. Вплив рідких скидів РАЕС на поверхневі води р. Стир визначається об'ємом скидних вод та активністю скиду, що на 96,0–98,0 % формується системою промислово-зливної каналізації (ПЗК). Результати контролю та значення допустимого водного скиду (ДВС-11) 132-2011-ДС-ЦРБ, погодженого з Міністерством охорони здоров'я (МОЗ) України, який діє з 01.04.2012 року, наведені в табл. 1. В динаміці за роками сумарний індекс скиду, починаючи з 2011 року, має виражену тенденцію до зниження з 2,11 % до 0,18 %, що може бути обумовлено реалізацією Комплексної (зведеної) програми підвищення безпеки енергоблоків АЕС України, яка почала діяти з 2011 р.

## RESULTS

The NPP is located on the bank of Styr River in Volodymyrets'ky district, northwestern part of Rivne oblast. The soil cover of the RNPP CA is quite diverse, as there are sod-podzolic, sod, alluvial, meadow, meadow-marsh, peat and peat-bog soils, and peatlands. The terrain type, hydrography, and vegetation type determined the following distribution of cesium transition coefficients from soil to plants: on 60.0 % of cultivated land area a transition coefficient for vegetation is within 1–5 (Bq/kg)/(kBq/m<sup>2</sup>), on 20.0 % of territory it is 5–20 (Bq/kg)/(kBq/m<sup>2</sup>), on 9.0 % of territory it is 20–40 (Bq/kg)/(kBq/m<sup>2</sup>), and on 12.0% of territory it is 40–190 (Bq/kg)/(kBq/m<sup>2</sup>) [13].

Such unfavorable exogenous geological processes as karstification, gully erosion, sheet erosion (rainsheet), waterlogging of the terrain (flooding) are present in the RNPP CA. The development of karst is a major hazardous exogenous process within the industrial site of RNPP and Varash City. Seismic risks on the NPP territory are determined by the seismic rating of Ukrainian shield.

The climate of RNPP location is moderate continental with a positive moisture balance, relatively high temperatures and low relative humidity in summer and low temperatures, high humidity and snow cover in winter. Within industrial site of RNPP and Varash City the winds are westerly. The low wind speeds (up to 3 m/s) are the longest in observation area with a recurrence rate of 68.0–78.0 %.

RNPP is the largest water consumer from natural sources in the oblast [14]. The radiation impact of NPP on environment is related to the emissions and discharges of radioactive substances generated in the NPP production cycle. Effect of RNPP liquid discharges on the surface waters of Styr River depends on the volume of wastewater and discharge activity, formed by the industrial drainage system (IDR) for 96.0–98.0 %. Results of the control and value of the allowable water discharge (AWD-11) 132-2011-DS-TsRB brought into accord with the Ministry of Health (MOH) of Ukraine and being in force since 01.04.2012 are given in Table 1. There is a pronounced tendency to decrease of the total discharge index from 2.11% to 0.18% since 2011, which may be conditioned by implementation of the Integrated (consolidated) Program of Safety Improving of the Ukrainian NPP power units, launched in 2011.

Контроль води р. Стир на РАЕС здійснюється відповідно до «Регламенту радіаційного контролю Рівненської АЕС» 132-1-Р-ЦРБ та прово-

Control of the water from Styr River is carried out at the RNPP in accordance with the «Regulations of Radiation Control at the Rivne NPP» 132-1-R-TsRB

**Таблиця 1**

**Сумарна річна активність скидів радіонуклідів в р. Стир, (МБк)**

**Table 1**

**Total annual activity of radionuclide discharges to the Styr River (MBq)**

Нуклід / Nuclide	ДВС-11/AWD-11	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<sup>51</sup> Cr	5,30E+07	< 1,48E+03	< 3,10E+02	< 2,70E+02	< 2,00E+02	< 2,10E+02	< 2,80E+01
<sup>54</sup> Mn	4,90E+05	< 1,01E+02	< 1,80E+01	< 1,50E+01	< 1,00E+01	< 1,80E+01	< 3,20E+00
<sup>58</sup> Co	4,50E+05	< 1,01E+02	< 1,90E+01	< 1,70E+01	< 1,30E+01	< 1,80E+01	< 3,20E+00
<sup>59</sup> Fe	2,90E+05	< 1,71E+02	< 3,70E+01	< 2,80E+01	< 2,00E+01	< 3,30E+01	< 4,80E+00
<sup>60</sup> Co	5,20E+04	1,01E+02	1,90E+01	< 1,40E+01	< 1,00E+01	< 1,50E+01	< 2,80E+00
<sup>65</sup> Zn	2,70E+05	< 1,90E+02	< 3,60E+01	< 2,60E+01	< 2,00E+01	< 3,30E+01	< 4,80E+00
<sup>95</sup> Nb	2,60E+05	< 1,90E+02	< 2,60E+01	< 2,00E+01	< 3,30E+01	< 2,40E+01	< 2,90E+00
<sup>95</sup> Zr	2,00E+05	< 1,07E+02	< 3,60E+01	< 3,00E+01	< 2,50E+01	< 3,30E+01	< 4,60E+00
<sup>106</sup> Ru	8,40E+05	< 1,03E+03	< 1,90E+02	< 1,60E+02	< 1,40E+02	< 1,70E+02	< 2,30E+01
<sup>110m</sup> Ag	2,90E+06	< 1,27E+02	2,50E+01	< 2,10E+01	< 1,90E+01	< 2,50E+01	< 3,10E+00
<sup>131</sup> I	1,20E+06	< 2,08E+02	< 9,30E+01	< 7,90E+01	< 5,40E+01	< 5,40E+01	< 6,60E+00
<sup>134</sup> Cs	5,70E+04	1,38E+02	3,94E+01	5,55E+01	< 1,80E+01	< 2,50E+01	4,99E+00
<sup>137</sup> Cs	8,30E+04	3,45E+02	3,31E+02	3,71E+02	1,66E+02	1,43E+02	2,59E+01
<sup>144</sup> Ce	3,10E+05	< 1,76E+03	< 2,00E+02	< 2,00E+02	< 1,90E+02	< 1,40E+02	< 2,10E+01
<sup>90</sup> Sr	1,30E+05	1,81E+02	1,24E+02	4,53E+01	4,28E+01	3,85E+01	1,52E+01
<sup>3</sup> H	2,40E+09	2,66E+06	3,07E+06	5,67E+06	5,25E+06	6,47E+06	2,54E+06
Total discharge index, %		2,11	0,98	0,98	0,62	0,66	0,18
Total discharge index, %							

**Таблиця 2**

**Концентрація радіонуклідів у воді р. Стир (Бк/м<sup>3</sup>)**

**Table 2**

**Radionuclide concentration in the Styr River (Bq/m<sup>3</sup>)**

Рік Year	Точка контролю Control point	Макс. концентрація радіонуклідів Max. radionuclide concentration			Допустима конц-ія (НРБУ-97) Acceptable concn. (RSSU-97)			% до допустимого значення НРБУ % of acceptable value (RSSU-97)		
		Co-60	I-131	Cs-137	Co-60	I-131	Cs-137	Co-60	I-131	Cs-137
2011	с. Маюничі / Maiunychi vlg.	5,00E+00	4,00E+00	7,80E+00	8,00E+04	2,00E+04	1,00E+05	6,25E-03	2,00E-02	7,80E-03
	нижче скиду ПЗК downstream IDS discharge	5,90E+00	4,10E+00	9,50E+00	8,00E+04	2,00E+04	1,00E+05	7,38E-03	2,05E-02	9,50E-03
	с. Сопачів / Sopachiv vlg.	8,10E+00	7,90E+00	8,90E+00	8,00E+04	2,00E+04	1,00E+05	1,01E-02	3,95E-02	8,90E-03
2012	с. Маюничі / Maiunychi vlg.	3,30E+00	5,90E+00	3,70E+00	8,00E+04	2,00E+04	1,00E+05	4,13E-03	2,95E-02	3,70E-03
	нижче скиду ПЗК downstream IDS discharge	5,10E+00	6,00E+00	6,00E+00	8,00E+04	2,00E+04	1,00E+05	6,38E-03	3,00E-02	6,00E-03
	с. Сопачів / Sopachiv vlg.	5,00E+00	6,10E+00	8,60E+00	8,00E+04	2,00E+04	1,00E+05	6,25E-03	3,05E-02	8,60E-03
2013	с. Маюничі / Maiunychi vlg.	6,40E+00	7,00E+00	9,00E+00	8,00E+04	2,00E+04	1,00E+05	8,00E-03	3,50E-02	9,00E-03
	нижче скиду ПЗК downstream IDS discharge	5,00E+00	9,50E+00	9,00E+00	8,00E+04	2,00E+04	1,00E+05	6,25E-03	4,75E-02	9,00E-03
	с. Сопачів / Sopachiv vlg.	8,00E+00	8,10E+00	8,40E+00	8,00E+04	2,00E+04	1,00E+05	1,00E-02	4,05E-02	8,40E-03
2014	с. Маюничі / Maiunychi vlg.	7,5E+00	8,1E+00	8,2E+00	8,00E+04	2,00E+04	1,00E+05	9,38E-03	4,05E-02	8,20E-03
	нижче скиду ПЗК downstream IDS discharge	6,4E+00	9,5E+00	8,6E+00	8,00E+04	2,00E+04	1,00E+05	8,00E-03	4,75E-02	8,60E-03
	с. Сопачів / Sopachiv vlg.	4,8E+00	9,1E+00	8,2E+00	8,00E+04	2,00E+04	1,00E+05	6,00E-03	4,55E-02	8,20E-03
2015	с. Маюничі / Maiunychi vlg.	2,00E+00	5,3E+00	3,1E+00	8,00E+04	2,00E+04	1,00E+05	2,50E-03	2,65E-02	3,10E-03
	нижче скиду ПЗК downstream IDS discharge	2,8E+00	6,3E+00	4,2E+00	8,00E+04	2,00E+04	1,00E+05	3,50E-03	3,15E-02	4,20E-03
	с. Сопачів / Sopachiv vlg.	2,8E+00	7,8E+00	4,3E+00	8,00E+04	2,00E+04	1,00E+05	3,50E-03	3,90E-02	4,30E-03
2016	с. Маюничі / Maiunychi vlg.	2,5E+00	4,83E+00	3,9E+00	8,00E+04	2,00E+04	1,00E+05	3,13E-03	2,42E-02	3,90E-03
	нижче скиду ПЗК downstream IDS discharge	2,7E+00	4,2E+00	3,8E+00	8,00E+04	2,00E+04	1,00E+05	3,38E-03	2,10E-02	3,80E-03
	с. Сопачів / Sopachiv vlg.	1,75E+00	3,2E+00	2,7E+00	8,00E+04	2,00E+04	1,00E+05	2,19E-03	1,60E-02	2,70E-03

диться в трьох точках: с. Маюничі - 10 км вверх по течії р. Стир; нижче скиду ПЗК - 1000 метрів; с. Сопачів - 10 км вниз по течії р. Стир. Максимальні концентрації радіонуклідів ( $^{60}\text{Co}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) в точках відбору проб по течії р. Стир в динаміці 2011–2016 рр. наведені в таблиці 2.

Максимальні концентрації радіонуклідів  $^{60}\text{Co}$  і  $^{137}\text{Cs}$  складають близько тисячних відсотка, а  $^{131}\text{I}$  – сотих відсотка до допустимого значення Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97).

Визначення вмісту радіонуклідів в атмосферному повітрі населених пунктів ЗС РАЕС здійснюється згідно з «Регламентом радіаційного контролю Рівненської АЕС» 132-1-Р-ЦРБ. Величина радіоактивних викидів в атмосферу контролюється в групах радіонуклідів: інертні радіоактивні гази (ІРГ), довгоживучі нукліди (ДЖН) і йод. Дані вимірювань останніх наведені в табл. 3–5.

and is executed at three points: in Maiunychi village 10 km upstream the Styr River, 1000 meters downstream the IDS discharge, in Sopachiv village 10 km downstream the Styr River. The maximum radionuclide ( $^{60}\text{Co}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) concentrations at sampling points along the Styr River in the 2011–2016 runtime are shown in Table 2.

The maximum concentrations of  $^{60}\text{Co}$  and  $^{137}\text{Cs}$  radionuclides are about one thousandth of a percent, and  $^{131}\text{I}$  - one hundredth of a percent of the permissible value in the RSSU-97.

The content of radionuclides in an open air of the RNPP CA settlements is determined in accordance with the «Regulations of Radiation Control at the Rivne NPP» 132-1-R-TsRB. Magnitude of radioactive emissions to the atmosphere is controlled for the groups of radionuclides, namely inert radioactive gases (IRG), long-lived nuclides (LLR), and iodine. Measurement data of the latter are given in tables 3–5.

**Таблиця 3**  
Викиди ІРГ, ДЖН, йоду енергоблоками РАЕС (ГБк)

**Table 3**  
IRG, LLR, and iodine emissions from the RNPP power units (GBq)

Рік Year	ІРГ IRG	ЛВ <sup>ІРГ</sup> EL <sup>IRG</sup>	Індекс ЛВ <sup>ІРГ</sup> , % EL <sup>IRG</sup> index, %	ДЖН LLR	ЛВ <sup>ДЖН</sup> EL <sup>LLR</sup>	Індекс ЛВ <sup>ДЖН</sup> , % EL <sup>LLR</sup> index, %	Йод Iodine	ЛВ <sup>Йод</sup> EL <sup>IODINE</sup>	Індекс ЛВ <sup>Йод</sup> , % EL <sup>IODINE</sup> index, %
2010	4,74E+04	3,03E+07	0,16	1,09E-01	1,06E+02	0,10	1,61E-01	1,53E+03	1,05E-02
2011	4,53E+04	3,03E+07	0,15	1,46E-01	1,06E+02	0,14	1,80E-01	1,53E+03	1,18E-02
2012	4,36E+04	2,45E+07	0,18	2,26E-01	1,35E+02	0,17	3,47E-01	2,01E+03	1,72E-02
2013	4,75E+04	2,45E+07	0,19	1,96E-01	1,35E+02	0,15	8,51E-02	2,01E+03	4,12E-03
2014	4,97E+04	2,45E+07	0,20	1,70E-01	1,35E+02	0,13	2,62E-01	2,01E+03	1,30E-02
2015	1,63E+04	1,01E+07	0,16	9,45E-02	5,59E+01	0,17	2,02E-01	8,31E+02	2,42E-02
2016	1,21E+04	2,45E+07	0,05	0,88E-01	1,35E+02	0,07	0,51E-02	2,01E+03	2,54E-04
2017	1,41E+04	2,45E+07	0,06	0,63E-01	1,35E+02	0,05	0,10E-02	2,01E+03	4,98E-05

Примітка. ЛВ – ліміт викиду.  
Note. EL – emission limit.

**Таблиця 4**  
Газоаерозольний викид нуклідів енергоблоками РАЕС (2011, 2015 рр.) (ГБк)

**Table 4**  
Gas-aerosol emissions from RNPP power units in 2011 and 2015 (GBq)

Нуклід Nuclide	2011			2015		
	Активність Activity	Ліміт викиду Emission limit	Індекс ЛВ, % EL index, %	Активність Activity	Ліміт викиду Emission limit	Індекс ЛВ, % EL index, %
$^{51}\text{Cr}$	3,03E-03	1,86E+05	1,63E-06	8,35E-03	1,05E+05	7,97E-06
$^{54}\text{Mn}$	7,96E-04	9,12E+02	8,72E-05	2,81E-03	5,07E+02	5,55E-04
$^{58}\text{Co}$	6,71E-04	2,85E+03	2,36E-05	2,26E-03	1,59E+03	1,42E-04
$^{59}\text{Fe}$	5,04E-04	2,96E+03	1,70E-05	5,96E-04	1,67E+03	3,56E-05
$^{60}\text{Co}$	6,31E-03	4,75E+01	1,33E-02	1,58E-02	2,87E+01	5,51E-02
$^{95}\text{Nb}$	1,90E-03	7,30E+03	2,60E-05	6,02E-03	4,22E+03	1,42E-04
$^{95}\text{Zr}$	8,79E-04	3,65E+03	2,41E-05	1,42E-03	2,20E+03	6,48E-05
$^{110m}\text{Ag}$	1,41E-02	1,50E+02	9,41E-03	8,13E-03	8,28E+01	9,82E-03
$^{134}\text{Cs}$	3,55E-03	1,20E+02	2,95E-03	1,47E-03	6,76E+01	2,18E-03
$^{137}\text{Cs}$	1,38E-02	1,06E+02	1,30E-02	6,40E-03	5,92E+01	1,08E-02
$^{90}\text{Sr}$	1,01E-03	1,46E+02	6,92E-04	2,49E-04	7,25E+01	3,43E-04
$^3\text{H}$	5,90E+02	3,07E+05	1,93E-01	5,85E+02	1,57E+05	3,72E-01

**Таблиця 5**

**Середня концентрація радіонуклідів в атмосферному повітрі населених пунктів ЗС РАЕС, 2015 р. (Бк/м<sup>3</sup>)**

**Table 5**

**Average radionuclide concentration in an open air of RNPP CA settlements in 2015 (Bq/m<sup>3</sup>)**

Населений пункт / Settlement	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>110m</sup> Ag	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs
Більська Воля / Bilska Volia	< 1,2E-06	< 8,8E-07	< 1,5E-06	< 4,4E-06	< 1,4E-06	1,5E-05
Великий Желудськ / Velykyj Zholudsk	< 1,1E-06	< 8,7E-07	< 1,6E-06	< 4,6E-06	< 1,2E-06	6,8E-06
Велика Ведмежка / Velyka Vedmezka	< 9,4E-07	< 7,2E-07	< 1,4E-06	< 3,8E-06	< 9,0E-07	8,5E-06
Заболоття / Zabolottia	< 1,3E-06	< 9,0E-07	< 1,4E-06	< 3,3E-06	< 1,3E-06	5,0E-06
м. Вараш / Varash City	< 8,8E-07	< 6,0E-07	< 8,6E-07	< 2,1E-06	< 9,4E-07	7,3E-06
Костюхнівка / Kostukhnivka	< 1,6E-06	< 1,0E-06	< 1,8E-06	< 4,8E-06	< 1,6E-06	2,5E-05
Любахи / Lubakhi	< 9,6E-07	< 7,0E-07	< 1,4E-06	< 3,9E-06	< 9,6E-07	7,07E-06
Маневичі / Manevychi	< 1,3E-06	< 1,0E-06	< 1,7E-06	< 5,2E-06	< 1,3E-06	1,1E-05
Полиці / Polytsi	< 1,1E-06	< 7,6E-07	< 1,5E-06	< 4,5E-06	< 1,0E-06	6,1E-06
Суховоля / Sukhovolia	< 6,7E-07	< 5,3E-07	< 9,5E-07	< 3,0E-06	< 7,2E-07	4,9E-06
Сопачів / Sorachiv	< 1,6E-06	< 1,1E-06	< 1,7E-06	< 4,4E-06	< 1,6E-06	1,9E-05
Старий Чарторийськ / Staryj Chartoryjsk	< 1,3E-06	< 1,1E-06	< 1,9E-06	< 5,4E-06	< 1,3E-06	5,8E-06
Аеропорт / Airport	< 3,7E-07	< 2,7E-07	< 4,9E-07	< 1,4E-06	< 4,0E-07	7,2E-06
Допустима концентрація в повітрі для населення, Бк/м <sup>3</sup> Acceptable air concentration for population, Bq/m <sup>3</sup>	10	1	2	4	1	0,8

Викиди ІРГ, ДЖН в атмосферне повітря до ліміту викидів складають менше 0,2 %, за останні 2 роки (2016–2017) спостерігається зменшення викидів у 3 рази. Викиди йоду в атмосферне повітря до ліміту викиду у 2010–2015 роках склали соту частку відсотка, а у 2016–2017 роках були на порядки менші. Індокси ліміту викидів нуклідів складають залежно від нукліда: від сотої частки відсотка для <sup>3</sup>H до 7,97E-06 для <sup>51</sup>Cr. Середні концентрації радіонуклідів в атмосферному повітрі населених пунктів зони спостереження РАЕС не перевищують гранично допустимих концентрацій (ГДК).

Щільність забруднення поверхневого шару ґрунту цезієм на постах радіаційного контролю на різній відстані від РАЕС складає: санітарно-захисна зона (2,5 км) – 2250 Бк/м<sup>2</sup>, 2,5–10 км – 5340 Бк/м<sup>2</sup>, 10–20 км – 6340 Бк/м<sup>2</sup>, більше 20 км – 5090 Бк/м<sup>2</sup> («нульовий фон» 444–5070 Бк/м<sup>2</sup>).

Сумарна ефективна річна доза на критичну групу населення від викидів та скидів Рівненської АЕС в динаміці десяти років складала від 0,59 до 0,25 мкЗв (рис. 1).

Таким чином, радіаційний вплив на довкілля, пов'язаний з викидами та скидами радіоактивних речовин, утворених у виробничому циклі РАЕС в умовах повсякдення, нижчий за встановлені ліміти викидів та допустимі концентрації за НРБУ-97.

За нормальних умов експлуатації РАЕС здійснює хімічний і фізичний вплив на атмосферу, воду та ґрунти. Хімічний вплив на атмосферу є результатом випаровування хімічних речовин, викидів газів

The IRG the LLR air emissions amounted to less than 0.2% to the emission limits in the last 2 years (2016–2017) featuring a 3-fold reduction. Atmospheric iodine emissions accounted to one hundredth of a percent to the emission limit in 2010–2015, and in 2016–2017 they were an order of magnitude lower. Nuclide emission limits are established depending on a nuclide, namely from one hundredth of a percent for <sup>3</sup>H to 7,97E-06 for <sup>51</sup>Cr. The average radionuclide concentrations in an open air of the RNPP CA settlements do not exceed the admissible concentration limit (ACL).

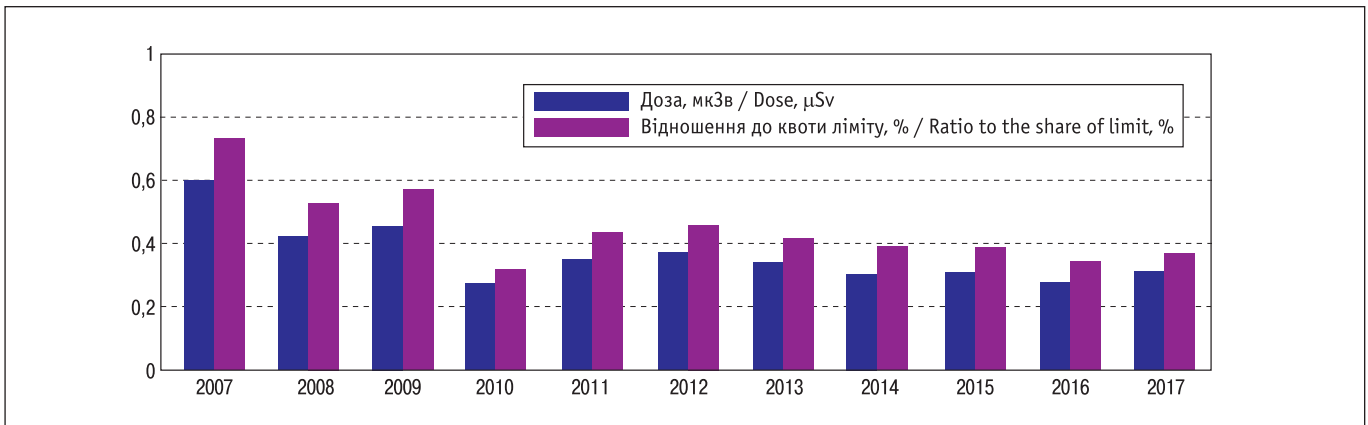
Cesium contamination density of soil surface layer at the posts of radiation control at different distances from the RNPP is 2250 Bq/m<sup>2</sup> in the NPP buffer area (2.5 km), 5340 Bq/m<sup>2</sup> in 2.5–10 km distance, 6340 Bq/m<sup>2</sup> in 10–20 km distance, and 5090 Bq/m<sup>2</sup> in >20 km. «Zero background» is at that 444–5070 Bq/m<sup>2</sup>.

The total effective annual dose to the critical population group from Rivne NPP emissions and discharges was 0.59–0.25 μSv at a runtime of ten years (Fig. 1).

Consequently, the radiation impact on environment associated with the emissions and discharges of radioactive substances appeared in the RNPP production cycle under everyday conditions is lower than the established emission limits and admissible concentration limits according to the of RSSU-97.

Under normal operating conditions the RNPP is a source of chemical and physical impact on the open air, water and soils. Chemical impact on the open air is a result of evaporation of chemicals, emission of gases





**Рисунок 1.** Сумарна ефективна доза на критичну групу населення від викидів та скидів Рівненської АЕС  
**Figure 1.** Total effective dose from the Rivne NPP emissions and discharges to the critical population group

від парникових котлів, викидів хімічних речовин при роботі систем вентиляції/зрошення, викидів від дизельних генераторів. Останні в процесі роботи викидають діоксид азоту, діоксид сірки та тверді частинки. Хімічний вплив на підземні та поверхневі води є результатом скидів очищених стічних вод, випадкових виливів. Вплив АЕС на навколишнє природне середовище також пов'язаний з викидами тепла, зокрема, зі скидами теплої води до р. Стир.

За даними РАЕС, концентрації забруднюючих речовин у скидах РАЕС в динаміці 2012–2017 рр. не перевищували ГДК (табл. 6).

Концентрації забруднюючих хімічних речовин в р. Стир нижче скидів РАЕС також не перевищують ГДК (табл. 7). В зоні спостереження безпосередньо в р. Стир здійснюють скиди стічних вод, крім РАЕС, міське комунальне підприємство (МКП) м. Вараш та комунальне підприємство (КП) «АКВА» смт Володимирець (табл. 8).

Порівняно з 2012 роком, у 2016 спостерігається зменшення об'єму скидання до річки Стир зворотних вод МКП м. Вараш на 673 млн м<sup>3</sup>, але збільшився об'єм скидання КП «АКВА» смт. Володимирець на 34,6 млн м<sup>3</sup>. Відповідно зменшується обсяг за-

from greenhouse boilers, emissions of chemicals during the operation of ventilation/irrigation systems, emissions from diesel generators. The latter emit nitrogen dioxide, sulfur dioxide and particulate matter in operation. Chemical effects on groundwater and surface water are the result of discharges of treated sewage and accidental spills. Environmental impact of NPP is also linked to the heat emissions, in particular the discharge of warm water into the Styr River.

According to the RNPP data the concentrations of pollutants in RNPP discharges at a runtime of 2012–2017 did not exceed the ACL (Table 6).

Concentrations of pollutants in the Styr River downstream from NPP discharges also do not exceed the ACL (Table 7). Alongside RNPP the city municipal enterprise (CME) of Varash City and the municipal enterprise (ME) «AKVA» of the town settlement of Volodymyrets also discharge the sewage directly to the Styr River in CA (Table 8).

Volume of wastewater discharge from the CME of Varash City to the Styr River decreases by 673 million m<sup>3</sup> in 2016 down from 2012, whereas in contrast the volume of discharge from ME «AKVA» at the town settlement of Volodymyrets increased by

**Таблиця 6**

**Концентрації забруднюючих речовин у скидах РАЕС в динаміці шести років (мг/дм<sup>3</sup>)**

**Table 6**

**Concentrations of pollutants in RNPP discharges over a six-year period (mg/dm<sup>3</sup>)**

Показники / Parameters	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Допустимі концентрації / Acceptable concentrations
Мінералізація / Mineralization	700,7	651,44	635,95	677,89	677,81	676,81	≤ 1000,0
Завислі речовини / Suspended matter	8,82	8,98	8,97	10,75	10,73	9,125	≤ 15,00
pH, од. pH / Hydrogen Index (pH), units pH	8,63	8,66	8,63	8,73	8,7	8,62	6,5–9,0
Нафтопродукти / Petroleum products	0,115	0,117	0,141	0,089	0,067	0,054	≤ 0,32
Кисень розчинений (O <sub>2</sub> ) / Dissolved oxygen (O <sub>2</sub> )	10,93	8,79	8,31	8,46	8,35	8,63	≥ 4,0

**Таблиця 7**

**Динаміка зміни стану поверхневих вод р. Стир нижче скидів РАЕС за показниками забруднюючих речовин, (мг/дм<sup>3</sup>)**

**Table 7**

**Pattern of changes in surface water status in Styr River downstream from RNPP discharges by pollutants (mg/dm<sup>3</sup>)**

Показники забруднюючих хімічних речовин Parameters of pollution	ГДК в поверхневих водах ACL in surface waters	Вміст речовини / Content of substances				
		2016	2015	2014	2013	2012
Мінералізація / Mineralization	≤ 1000(1500*)	414,50	393,90	339,32	411,2	351,9
Сульфати / Sulphates	C ≤ 250 (500*)	35,90	24,52	23,79	28,711	30,093
Хлориди / Chlorides	≤ 250 350*)	17,75	15,19	13,93	12,97	16,49
Кальцій, мг-екв/дм <sup>3</sup> / Calcium, mEq/dm <sup>3</sup>	≤ 100	91,18	4,27	4,73	4,45	89,58
Магній, мг-екв/дм <sup>3</sup> / Magnesium, mEq/dm <sup>3</sup>	10–80*	14,59	1,34	1,07	1,03	22,62
Азот амонійний / Ammonia nitrogen	1,0–2,0*	0,46	0,442	0,391	0,487	0,45
Нітриди / Nitrites	3,3	0,103	0,086	0,107	0,069	0,079
Нітрати / Nitrates	≤ 45,0	6,63	5,74	6,96	5,35	4,652
Фосфати / Phosphates	3,5	0,49	0,296	0,284	0,223	0,29
Залізо / Iron	0,3	0,269	0,394	0,400	0,422	0,512
Мідь / Copper	1,0	0,006	0,008	0,004	0,002	0,013
Цинк / Zinc	1,0	0,008	0,006	0,011	0,015	0,017
Розчинений кисень / Dissolved oxygen		10,37	10,65	9,84	9,54	10,10
Завислі речовини / Suspended matter	≤ 15,00	9,76	9,11	7,69	6,99	6,69
Нафтопродукти / Petroleum products	≤ 0,32	0,05	0,044	0,084	0,069	0,10
СПАР / SSAS		0,013	0,018	0,016	0,01	0,025
БСКП 5 / BOD 5 day test	3,0	2,84	2,82	1,91	1,500	2,3550
ХСК / COD	50,0	39,66	54,63	45,62	42,44	41,16
pH, од. / Hydrogen Index (pH), units pH	6,5–9,0	8,35	8,35	8,20	8,04	8,140
Температура, °C / Temperature, °C		10,08	11,91	12,14	13,0	12,48

**Таблиця 8**

**Основні підприємства-забруднювачі р. Стир та об'єми скидання зворотних вод підприємствами ЗС РАЕС, (млн м<sup>3</sup>)**

**Table 8**

**Major pollutants of the Styr River and volumes of wastewater discharge by RNPP CA enterprises (million m<sup>3</sup>)**

Підприємства / Enterprise	Об'єм скидання зворотних вод / Volume of wastewater discharge		
	2012	2015	2016
МКП м. Вараш (р. Стир) / CME of Varash City (Styr River)	3521,8	2510,0	2848,1
КП «АКВА» смт. Володимирець / ME «AKVA», town of Volodymyrets	93,7	-	128,1

бруднюючих речовин, що скидає до річки Стир, МКП м. Вараш (табл. 9). У процентному відношенні в 2016 році зменшилися обсяги забруднюючих речовин порівняно з 2014 р.: СПАР на 22,0 %, фосфатів на 20,0 %, азоту амонійного на 17,0 %, хлоридів на 13,0 %, завислих речовин на 12,0 %, сульфатів на 11,0 %. Обсяги викидів забруднюючих речовин КП «АКВА» смт. Володимирець менші порівняно з МКП м. Вараш.

Протягом 2016 року, за даними Рівненської гідромеліоративної експедиції, в поверхневій воді (р. Стир, смт Зарічне ЗС) відмічали підвищений вміст БСК-5 (1,4 ГДК), амонію сольового (1,3 ГДК), заліза загального (2,1 ГДК), значення яких перевищували нормативи ГДК для водойм рибогосподарського використання. У 2017 році в р. Стир у пункті вище м. Вараш (біля водозабору РА-

34.6 million m<sup>3</sup>. Accordingly, the volume of pollutants discharged to the Styr River by the CME of Varash City (Table 9) is reduced. Percentage of pollutants decreased in 2016 compared to 2014, namely the SSAS by 22.0 %, phosphates by 20.0 %, ammonium nitrogen by 17.0 %, chlorides by 13.0 %, suspended matter by 12.0 %, sulfates by 11.0 %. Discharge of pollutants from ME «AKVA» at the town settlement of Volodymyrets are lower than from the CME of Varash City.

According to the data of Rivne irrigation expedition in 2016 there was an increased content of BOD-5 (1.4 ACL), ammonium saline (1.3 ALC), and total iron (2.1 ALC) in the surface waters of Styr River exceeding the ACL standards for fishery farm basins. In 2017 such parameters were found exceeding such ACL values as BOD-5 (1.4 ACL), ammonium saline (2.4 ACL), and total iron (4.2 ACL) upstream the

**Таблиця 9**

**Обсяги скидання забруднюючих речовин у р. Стир в динаміці (тонни)**

**Table 9**

**Discharge amounts of pollutants to the Styr River overtime (tons)**

Забруднюючі речовини Pollutants	Обсяг забруднюючих речовин / Amounts of pollutants			
	2014		2016	
	МКП м. Вараш CME of Varash City	КП «АКВА» смт Володимирець 2 ME «AKVA», town of Volodymyrets 2	МКП м. Вараш CME of Varash City	КП «АКВА» смт Володимирець 2 ME «AKVA», town of Volodymyrets 2
БСК* пов. / BOD surf.	56,8	–	БСК5 –35,6	БСК5 –3,1
Завислі речовини / Suspended matter	41,9	–	34,5	1,6
Сульфати / Sulphates	157,4	–	139,8	6,5
Хлориди / Chlorides	354,7	–	307,6	7,7
Азот амонійний / Ammonia nitrogen	27,5	–	22,7	0,7
Залізо / Iron	1,3735	–	1,2532	0,0897
Фосфати / Phosphates	32,0132	–	25,7753	0,7045
Нітрати / Nitrates	10,7	–	8,6	0,9
Нітрити / Nitrites	–	–	1,5	–
СПАР / SSAS	0,7396	–	0,5696	–

ЕС) перевищували ГДК показники: БСК-5 (1,4 ГДК), амонію сольового (2,4 ГДК), заліза загального (4,2 ГДК), у пункті в межах с. Сопачів (нижче РАЕС) показники БСК-5 (2,1 ГДК), амонію сольового (2,6 ГДК), заліза загального (4,15 ГДК) (табл. 10).

Державною екологічною інспекцією області у 2016 р. зафіксовано перевищення ГДК для водойм культурно-побутового використання за ХСК у 1,1 раза в межах с. Полонне Володимирецького району нижче скиду з ПЗК РАЕС. За мікробіологічними показниками у 2016 році не відповідали нормативним вимогам 12,4 % проб (Рівненський обласний лабораторний центр МОЗ України). Таким чином, скид недостатньо очищених стічних вод з перевантажених очисних споруд м. Вараш і неочищених стічних вод КП «АКВА» негативно відображається на якості води річки. Аналіз отриманих даних також свідчить, що одні й ті ж показники заб-

City of Varash (near the RNPP water catchment area), whilst at the point within Sopachiv village downstream to RNPP the following parameters were found exceeding the ACL values as BOD-5 (2.1 ACL), ammonium saline (2.6 ALC), and total iron (4.15 ACL) concentrations (Table 10).

The State Ecological Inspectorate of the oblast recorded in 2016 an excess of the ALC for reservoirs and basins of cultural and household use by the COD by 1.1 times within borders of the village Pollonae of Volodymyretskyi district downstream the discharge from the RNPP IDR. The 12.4 % of samples in 2016 did not meet the regulatory requirements by the microbiological parameters (Rivne Regional Laboratory Center of the Ministry of Health of Ukraine). Thus, the discharge of insufficiently treated sewage from overloaded wastewater treatment plants in Varash Coty and the untreated sewage of ME «AKVA» negatively affects the water

**Таблиця 10**

**Стан поверхневих вод р. Стир за показниками забруднюючих речовин в 2017 р., (мг/дм³)**

**Table 10**

**Surface water status for pollutants of the Styr River in 2017 (mg/dm³)**

Показники забруднюючих речовин Pollutants	Вище водозабору (м. Вараш) Upstream water catchment area (Varash city)	Нижче водозабору (с. Сопачів) Downstream water catchment area (Sopachiv village)
Залізо / Iron	1,26	1,24
БСК-5 / BOD-5	4,35	6,34
Мінералізація / Mineralization	420,24	460,12
Завислі речовини / Suspended matter	8,23	9,12
pH, од. / Hydrogen Index (pH), units pH	8,63	8,80
Азот амонійний / Ammonia nitrogen	4,80	5,20

руднювачів в одних і тих же місцях відбору проб відрізняються за числовими значеннями залежно від контролюючого відомства. Моніторинг РАЕС і моніторинг інших суб'єктів стану р. Стир не скоординовані. Кожен з них проводиться окремо, що ускладнює оцінку.

Антропогенне забруднення атмосферного повітря шкідливими речовинами спричиняється стаціонарними джерелами та пересувними засобами ЗС. Обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами РАЕС в динаміці за роками 2012–2016 рр. практично не змінилися, за винятком металів та їхніх сполук, фтору та його сполук і сполук азоту, які мають тенденцію до збільшення (табл. 11).

Дані викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення в ЗС (Володимирецький район, м. Вараш) наведені в таблицях 12, 13. Протягом двох років (2015–2016) спостерігається зменшення викидів в атмосферне повітря забруднюючих речовин промисловими об'єктами м. Вараш та Володимирецького району.

За даними департаменту екології та природних ресурсів Рівненської облдержадміністрації, перевищення ГДК шкідливих речовин в атмосферному повітрі міських поселень за досліджуваними забруднюючими речовинами не спостерігалось.

В процесі соціально-гігієнічного дослідження якості життя населення ЗС було з'ясовано, що більшість населення (64,4 %) зони спостереження оцінює екологічну ситуацію як «відносно благополучну», разом з тим 29,2 % населення вважають її «неблагополучною» і 2,3 % – «вкрай неблагополучною». Оцінки екологічної ситуації значуще відрізняються у міського (м. Вараш) і сільського насе-

quality of the river. Review of data obtained also shows that the same pollutant indices at the same sampling points differ in numerical values depending on a controlling authority. The RNPP monitoring and monitoring from other agents and entities over the Styr River are not coordinated. Each is conducted separately which complicates the assessment.

Anthropogenic pollution of atmospheric air by harmful substances is caused by stationary sources and mobile means of the CA. Amounts of emissions of pollutants into the atmosphere by stationary sources of RNPP overtime of 2012–2016 remained virtually unchanged, except for metals and their compounds, fluorine and its compounds, and compounds of nitrogen, which tend to increase (Table 11).

Emissions of pollutants into the atmosphere from stationary sources of pollution in the CA (Volodymyrets'kyi district, Varash City) are shown in Tables 12, 13. For the two years (2015–2016) emissions of pollutants into the atmospheric air by industrial sites of Varash City and Volodymyrets'kyi district have been observed.

According to the data from Department of Ecology and Natural Resources of the Rivne Oblast State Administration, no excess of assayed harmful substances over the ACL was found in atmospheric air of urban settlements under study.

In the process of social and hygienic study of quality of life of the AC population it was found that the majority of population (64.4 %) in observation area assesses the environmental situation as a «relatively favorable», while 29.2 % of population consider it «unfavorable», and 2.3 % – as «extremely unfavorable». Estimates of the environmental situation differ significantly between urban (Varash City) and rural

**Таблиця 11**

**Обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами РАЕС (тонни)**

**Table 11**

**Emissions of pollutants into atmospheric air by stationary sources of RNPP (tons)**

<b>Забруднюючі речовини / Pollutants</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
Метали та їхні сполуки / Metals and metal compounds	0,111	0,099	0,332	0,146	0,308
Суспендовані тверді частинки / Suspended solid particles	3,074	2,697	2,425	1,768	1,380
Сполуки азоту / Nitrogen compounds	6,387	5,668	5,690	6,698	6,574
Діоксид та інші сполуки сірки / Sulfur dioxide and other sulfur compounds	1,485	2,652	1,819	1,744	1,417
Оксид вуглецю / Carbon monoxide	2,608	2,649	2,365	2,723	2,560
Неметанові легкі органічні сполуки / Non-methane light organic compounds	25,515	23,428	25,037	22,551	21,463
Хлор / Chlorine	0,008	0,012	0,005	0,006	0,003
Метан / Methane	0,012	0,011	0,012	0,012	0,0120
Фтор та його сполуки / Fluorine and its compounds	0,050	0,034	0,067	0,043	0,076
Фреони / Freons	0,034	0,026	0,044	0,039	0,0342
Всього / Total	39,287	37,283	37,799	35,730	33,827

**Таблиця 12**

**Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення в ЗС РАЕС (в розрізі адміністративних одиниць)**

**Table 12**

**Atmospheric emissions of pollutants by stationary sources of pollution in the RNPP CA (by administrative units)**

Адміністративна одиниця Administrative unit	Обсяги викидів, всього, т Total emissions, tons		Щільність викидів, кг/км <sup>2</sup> Emission density, kg/km <sup>2</sup>		На душу населення, кг Per capita, kg	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
м. Вараш / Varash City	36,5	34,6	3320,3	3147,1	0,9	0,8
Володимирецький район / Volodymyretsnyi district	120,1	98,2	61,9	50,5	1,9	1,5

**Таблиця 13**

**Динаміка викидів в атмосферне повітря забруднюючих речовин стаціонарними джерелами в ЗС РАЕС (тис. тонн)**

**Table 13**

**Atmospheric pollutant emissions overtime from stationary sources in the RNPP CA (thousand tons)**

Забруднюючі речовини Pollutants	2015		2016		(±2016 р. до/то 2015 р.)	
	м. Вараш Varash City	Володимирецький р-н Volodymyretsnyi distr.	м. Вараш Varash City	Володимирецький р-н Volodymyretsnyi distr.	м. Вараш Varash City	Володимирецький р-н Volodymyretsnyi distr.
<i>Стаціонарні джерела / Stationary sources</i>						
Пил / Dust	0,002	0,04	0,002	0,04	-	-
Діоксид сірки / Sulfur dioxide	0,002	0,053	0,001	0,004	-0,001	-0,013
Діоксид азоту / Nitrogen dioxide	0,007	0,002	0,007	0,001	-	-0,001
Оксид вуглецю / Carbon monoxide	0,003	0,004	0,003	0,003	-	-0,001

лення (табл. 14). 76,0 % міського населення вважають її благополучною. Серед сільського населення лише 51,5 % вважають її благополучною. Індекс благополучності екологічної ситуації серед міського населення складає 0,7 проти 0,14 у сільського населення, за умови, що 1 – цілком благополучна ситуація, 0 – вкрай неблагополучна.

Головними факторами, що визначають екологічну ситуацію за місцем проживання, є радіаційне заб-

populations (Table 14). The 76.0 % of urban population consider it safe. Among the rural population only 51.5 % consider it safe. The index of welfare of ecological situation among the urban population is 0.7 versus 0.14 in rural one, provided that rank «1» corresponds to a completely prosperous situation, and «0» means an extremely unfavorable situation.

Radiological contamination of territories as a result of the ChNPP accident and the RNPP activi-

**Таблиця 14**

**Оцінка населення зони спостереження РАЕС стану довкілля залежно від місця проживання, M±m (шкала вимірювання від 1 до 5 балів)**

**Table 14**

**Estimation of environment by the RNPP CA population depending on the place of residence, M±m**

Показники екологічної ситуації Indicators of environmental situation	Міське населення Urban population	Сільське населення Rural population
Стан повітря / Air condition	3,57 ± 0,07**	2,73 ± 0,11
Стан річок та водойм / River and water reservoir condition	2,75 ± 0,07*	2,43 ± 0,12
Стан води з децентралізованих джерел (криниці) / Water status in decentralized sources (wells)	3,65 ± 0,07**	3,01 ± 0,10
Стан ґрунтів / Soil condition	3,25 ± 0,07**	2,69 ± 0,09
Стан рослинності, лісів / Condition of vegetation, of forests	3,39 ± 0,07**	2,85 ± 0,11
Екологічний стан, обумовлений діяльністю РАЕС / Environmental status due to the RNPP activity	3,40 ± 0,08**	2,61 ± 0,12
Екологічний стан як наслідок аварії на ЧАЕС / Environmental status as a result of the ChNPP accident	2,68 ± 0,08**	2,24 ± 0,11
Ймовірність поліпшення загальної екологічної ситуації в найближчий час Likelihood of improvement in the overall environmental situation in the near future	2,77 ± 0,08*	2,45 ± 0,10

Примітка. \* – статистично значуща різниця (p ≤ 0,05); \*\* – статистично значуща різниця (p ≤ 0,01).  
Note. \* – statistically significant difference (p ≤ 0.05); \*\* – statistically significant difference (p ≤ 0.01).

руднення території внаслідок аварії на ЧАЕС та діяльність РАЕС. Територія ЗС РАЕС належить до зони гарантованого добровільного відселення і повільний розпад  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  чорнобильського походження на сьогодні є техногенним джерелом радіоактивності в регіоні, що продовжує викликати стурбованість населення щодо свого здоров'я. При цьому РАЕС є основним промисловим об'єктом регіону, що впливає на довкілля і, відповідно, викликає стурбованість населення як щодо впливу на довкілля в умовах повсякдення, так і щодо можливості аварії на АЕС.

На думку населення ЗС, діяльність РАЕС впливає на атмосферне повітря (63,9 % респондентів), поверхневі і ґрунтові води (49,8 %), на екосистему взагалі (43,8 %). Як наслідок діяльності РАЕС – респонденти відмічають зміни у водоймах, зокрема зменшення прозорості води (57,7 %), заболочення водойм (57,3 %), збільшення кількості синьо-зелених водоростей (32,3 %), набуття неприємного запаху та присмаку (29,1 %). Разом з тим, зміни у водоймах можуть бути обумовлені скидами виробничих об'єктів, розташованих в ЗС, в тому числі й АЕС.

Внаслідок аварії на ЧАЕС в зоні спостереження РАЕС утворилося стійке забруднення об'єктів навколишнього середовища радіонуклідами. За даними дозиметричної паспортизації населених пунктів України (збірник 5), усереднені рівні  $^{137}\text{Cs}$  в ґрунті населених пунктів ЗС склали від 28 кБк/м<sup>2</sup> до 75 кБк/м<sup>2</sup>, в молоці – від 50,4 Бк/л до 583,0 Бк/л у динаміці 1991–1994 рр. Населення зони спостереження РАЕС у 1991–1994 роках мало середньорічні паспортні дози зовнішнього опромінення від 0,06 до 0,27 мЗв, внутрішнього – від 0,43 до 4,75 мЗв і паспортну дозу – від 0,52 до 4,81 мЗв [15]. Ревізовані середні дози внутрішнього опромінення в 1986 р. у Рівненській області склали у дорослих 0,96 мЗв, а у дітей – 2,08 мЗв [16]. За даними збірника 7 «Ретроспективно-прогнознi дози опромінення населення», у населення ЗС за період 1986–2013 рр. накопичені дози опромінення складають від 5,36 до 20,4 мЗв (табл. 15) [17]. За даними ряду досліджень, проведених нами в динаміці 2013–2018 рр., основний внесок, на думку населення, в стан навколишнього середовища і формування здоров'я складають наслідки аварії на ЧАЕС та діяльність РАЕС. За таких умов зберігається відчуття тривожності, яке впливає на формування здоров'я населення ЗС АЕС.

За даними Опитувальника загального здоров'я, середній загальний показник GHQ 28, який характеризує глибину малих психічних розладів, у міського на-

ties are the main factors determining an environmental situation at a place of residence. The RNPP CA territory belongs to the area of guaranteed voluntary resettlement. The slow decay of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  of Chernobyl origin is today a man-made source of radioactivity in the region, which continues to cause a concern for the population about their health. At the same time, RNPP is the main industrial site of the region, which has an environmental impact and, accordingly, causes concern for the population both in terms of environmental impact in everyday conditions and in the event of a nuclear accident.

According to the public opinion of CA the RNPP activity affects open air (63.9 % of respondents), surface and groundwater (49.8 %), and ecosystem in general (43.8%). As a result of RAES activity the respondents noted some changes in water bodies, including a decrease in water transparency (57.7 %), waterlogging of reservoirs (57.3 %), increase in the amount of blue-green algae (32.3%), and emerging of a bad odor and taste (29.1 %). However, changes in reservoirs may be caused by the discharges from manufacturing facility located in CA, including the NPP.

Permanent environmental contamination with radionuclides has occurred in the RNPP CA as a result of the ChNPP accident. According to the dosimetric certification of the settlements of Ukraine (Collection Book #5) the average  $^{137}\text{Cs}$  content in the soil of CA settlements was 28–75 kBq/m<sup>2</sup>, in milk ranged from 50.4 Bq/L to 583.0 Bq/L at a runtime of 1991–1994. Population of the RNPP CA has had in 1991–1994 the average annual passport doses of external exposure from 0.06 to 0.27 mSv, of internal exposure from 0.43 to 4.75 mSv, and passport doses from 0.52 to 4.81 mSv [15]. The revised average doses of internal radiation in 1986 in Rivne oblast were 0.96 mSv in adults and 2.08 mSv in children [16]. According to the Collection Book # 7 «Retrospective and Predictive Doses of Population Exposure» the radiation doses accumulated since 1986 till 2013 in the CA population are from 5.36 to 20.4 mSv (Table 15) [17]. According to a number of studies conducted by us at a runtime of 2013–2018 the main contribution to the state of the environment and health in public opinion is the ChNPP accident consequences and the RNPP activities. A sense of anxiety is maintained under these conditions that affects the health of RNPP CA population.

According to the General Health Questionnaire, an average overall GHQ-28 index which characterizes the depth of minor mental disorders is not

**Таблиця 15**

**Накопичені та прогнозовані дози опромінення населення ЗС за післяварійний період**

**Table 15**

**Accumulated and predicted radiation doses in the CA population for the post-accident period**

Населений пункт Settlement	Накопичені дози опромінення, мЗв Accumulated radiation doses, mSv			Прогнозовані дози за 70 років, мЗв Predicted doses for 70 years, mSv	Паспортна доза, мЗв, рік Passport dose, mSv, year	
	1986–1997	1998–2003	2004–2013		1997	1986–2013
м. Вараш / Varash City	4,2	0,57	0,59	6,0	0,13	5,36
Острів / Ostriv village	10,0	1,1	0,91	13,0	1,0	12,01
Сопачів / Sopachiv village	17,0	1,8	1,6	23,0	1,1	20,4
Полиці / Polytysi village	15,0	1,5	1,3	19,0	0,83	17,8
Стара Рафалівка / Stara Rafalivka village	15,0	1,5	1,3	19,0	0,69	17,8

селення достовірно не відрізняється від аналогічного показника у сільського населення, проте у сільського населення цей показник дещо вищий (табл. 16).

Середні показники шкал соціальної дисфункції і депресії у міського населення достовірно не відрізняються від аналогічних показників у сільського населення. Середні показники шкал соматизації і тривожності були достовірно вищі у сільського населення порівняно з міським. Аналіз даних за статтю свідчить, що всі середні показники в обох групах достовірно вищі у жінок порівняно з чоловіками. Середній показник шкали соматизації достовірно вищий у чоловіків сільського населення порівняно з чоловіками міського населення. Для жінок характерні такі ж показники.

Використання методу кореляційного аналізу дозволило встановити зв'язок між середніми показниками шкал соматизації, тривоги GHQ 28 і середнім показником оцінки населенням сфери довкілля (табл. 17).

Більш високі коефіцієнти кореляції між показниками тривожності, соматизації та станом довкілля

significantly different in urban population from the similar indicator in rural one, but in rural population this indicator is slightly higher (Table 16).

The average rates of social dysfunction and depression in urban population are not significantly different from similar rates in population of rural areas. The mean scores of somatization and anxiety scales were significantly higher in rural population compared to the urban one. Review of the gender data shows that all mean values in both groups are significantly higher in females than in males. The average score of somatization scale is significantly higher in rural population than in urban one. Females are characterized by the same indicators.

Application of the correlation analysis method made it possible to establish a correlation between the average scores of somatization scales, GHQ-28 anxiety, and average estimate of environment by the population (Table 17).

Higher correlation coefficients between the anxiety, somatization, and environmental condition

**Таблиця 16**

**Середні показники шкал GHQ 28 у міського та сільського населення ЗС**

**Table 16**

**Average scores by the GHQ 28 scales in CA urban and rural population**

Показники / Indices	Міське населення / Urban population			Сільське населення / Rural population		
	чоловіки/males	жінки/females	total	чоловіки/males	жінки/females	total
Соматизації / Somatization	13,38±0,48*	16,45±0,39	15,33±0,32	14,89±0,52	17,47±0,62	16,22±0,44
Тривоги / Anxiety	12,89±0,49	14,32±0,40**	13,80±0,32***	12,71±0,60	16,47±0,70	14,66±0,21
Соціальної дисфункції / Social dysfunction	14,24±0,33	15,31±0,26	14,92±0,21	13,89±0,41	15,97±0,83	14,97±0,49
Депресії / Depression	7,95±0,22	8,72±0,26	8,44±0,18	8,89±0,71	8,73±0,45	8,81±1,20
Загальний / Integral	48,46±1,14	54,80±1,04	52,48±0,81	50,39±1,25	58,63±1,72	54,66±1,20

Примітка. \* – статистично значуща різниця ( $p \leq 0,05$ ) між показниками у чоловіків міської та сільської місцевості; \*\* – статистично значуща різниця ( $p \leq 0,05$ ) між показниками у жінок міської та сільської місцевості; \*\*\* – статистично значуща різниця ( $p \leq 0,05$ ) між показниками міського та сільського населення.

Note. \* – statistically significant difference ( $p \leq 0.05$ ) in males from urban and rural areas; \*\* – statistically significant difference ( $p \leq 0.05$ ) in females from urban and rural areas; \*\*\* – statistically significant difference ( $p \leq 0.05$ ) between urban and rural population.

**Таблиця 17**

**Кореляційна залежність середніх показників шкал психічного стану населення зони спостереження РАЕС та середнім показником оцінки сфери довкілля**

**Table 17**

**Correlation of mean scores of mental state scales in population of the RNPP CA and average score of the environmental sphere assessment**

Населення Population	Соматизація Somatization	Тривога Anxiety	Соціальна дисфункція Social dysfunction	Депресія Depression	GHQ-28
Міське / Urban	0,270**	0,285**	0,201	0,081	0,285**
Сільське / Rural	0,300**	0,399**	0,079	0,077	0,300*

Примітка. \* – статистично значуща різниця ( $p \leq 0,05$ ) між показниками шкал та показником оцінки довкілля; \*\* – статистично значуща різниця ( $p \leq 0,01$ ) між показниками шкал та показником оцінки довкілля.

Note. \* – statistically significant difference ( $p \leq 0.05$ ) between the scale scores and environmental estimation score; \*\* – statistically significant difference ( $p \leq 0.01$ ) between the scale scores and environmental estimation score.

відмічено у сільського населення порівняно з міським. У сільського населення кореляційний зв'язок між загальним показником психічного здоров'я та інтегральним показником якості життя за основними сферами, порівняно з міським, вищий ( $r = 0,514$ ;  $p \leq 0,01$  і  $r = 0,320$ ;  $p \leq 0,01$ , відповідно).

**ВИСНОВКИ**

1. Оцінка екологічної ситуації населенням ЗС РАЕС, в першу чергу, обумовлена аварією на ЧАЕС, її наслідками. На другому місці – діяльність РАЕС, яка сприймається через імовірну можливість аварії на ній. Масова занепокоєність радіаційним впливом не дозволяє адекватно оцінювати екологічну ситуацію і враховувати інші чинники впливу, крім радіаційного. Стурбованість сільського населення вища порівняно з міським.
2. Радіаційний вплив на довкілля, пов'язаний з викидами та скидами радіоактивних речовин, утворених у виробничому циклі РАЕС в умовах повсякдення, мінімальний. Середня концентрація радіонуклідів в атмосферному повітрі населених пунктів ЗС на декілька порядків величин менша, ніж встановлена нормативними документами ГДК. Показники радіонуклідів у скидах РАЕС до р. Стир, зокрема максимальні концентрації  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{60}\text{Co}$  складають близько тисячних відсотка, а  $^{131}\text{I}$  – сотих відсотка від допустимого значення НРБУ-97. В ЗС спостерігається нерівномірне забруднення поверхневого шару ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  «чорнобильського» походження.
3. Основними джерелами забруднення хімічними речовинами поверхневих водойм, атмосферного повітря є промислові об'єкти, колективні господарства і РАЕС. Концентрації забруднюючих речовин у скидах РАЕС до р. Стир та у поверхневих водах

scores were observed in rural population compared to urban one. Correlation between the overall mental health index and integral quality of life index by the main assessed areas in rural population is higher compared to the urban one ( $r = 0.514$ ;  $p \leq 0.01$  and  $r = 0.320$ ;  $p \leq 0.01$ , respectively).

**CONCLUSIONS**

1. Assessment of environmental situation by the RNPP CA population is primarily shaped by the ChNPP accident and its consequences. Activity of the RNPP goes second, being perceived because of a probable possibility of an accident at it. The widespread concern about radiation exposure does not allow adequately assessing the environmental situation and taking into account any factors other than radiation. Concern of the rural population is higher than that of the urban one.
2. Radiation impact on environment associated with the emissions and discharges of radioactive substances generated in the RNPP production cycle is minimal. Average concentration of radionuclides in the open air of the CA settlements is by several orders of magnitude lower than ACL established by the regulatory documents. The radionuclide indices in discharges of the RNPP to the Styr River, in particular the maximum concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{60}\text{Co}$ , are about one thousandth of a percent, and of  $^{131}\text{I}$  is one hundredth of the permissible value of RSSU-97. There is an uneven contamination of the surface soil layer by  $^{137}\text{Cs}$  of the «Chornobyl» origin in the CA.
3. Industrial sites, collective enterprises and RNPP are the main sources of chemical contamination of surface water and open air. Concentrations of pollutants in the RNPP discharges to the Styr River and in surface waters downstream the discharges do not



нижче скидів не перевищують ГДК в динаміці 2012–2016 рр., за даними РАЕС. Перевищення ГДК показників БСК, заліза загального та амонію сольового спостерігається в 2016–2017 рр. у поверхневих водах річки вище водозабору РАЕС та нижче РАЕС за даними інших суб'єктів моніторингу. В атмосферному повітрі ЗС, зокрема у м. Вараш і сільських населених пунктах, перевищення ГДК хімічних речовин в динаміці не спостерігалось.

4. Середні показники шкал соматизації і тривоги опитувальника GHQ 28 достовірно вищі у сільського населення ЗС порівняно з міським. Встановлено кореляційний зв'язок між показниками тривоги і соматизації та узагальненим показником оцінки сфери довкілля. Комбінована дія екологічних, радіаційних і психологічних чинників в ЗС РАЕС вимагає вивчення стану здоров'я населення.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барбашев С. В. Система комплексного радіоекологічного моніторингу районів розташування АЕС України : автореф. дис. ... д-ра техн. Наук : спец. 05.14.14 «Теплові та ядерні енергоустановки». Одес. нац. політехн. ун-т. : Одеса, 2009. 36 с.
2. Новоселова Т. Н., Голод А. В., Левицкий А. В., Протасов А. А. Контроль экологического состояния пруда-охладителя АЭС на основании прозрачности воды. *Ядерная энергетика та довкілля*. 2018. № 1(11). С. 57–60.
2. Бончук Ю. В. Санітарно-захисні зони АЕС та радіаційно-гігієнічні вимоги до їх призначення. *Проблеми радіаційної медицини та радіобіології*. 2016. Вип. 21. С. 216–228.
4. Захворюваність населення зони спостереження АЕС та радіоактивно забруднених територій / В. В. Прилипко, М. М. Морозова, О. О. Петриченко, Ю. Ю. Озерова, О. В. Коцюбинський. *Проблеми радіаційної медицини та радіобіології*. 2018. Вип. 23. С. 216–228.
5. Заболеваемость злокачественными новообразованиями населения городов Украины с предприятиями ядерно-энергетического производства / Д. А. Базика, А. Е. Присяжнюк, А. Е. Романенко, З. П. Федоренко, Н. А. Гудзенко, Н. Н. Фузик, Е. Н. Хухрянская, Л. О. Гулак, Е. Л. Горох, Е. В. Сумкина. *Радиация и риск*. 2011. Т. 20, № 3. С. 58–69.
6. Fedirko P. A., Babenko T. F., Dorichevska R. Y., Garkava N. A. Retinal vascular pathology risk development in the irradiated at different ages as a result of Chornobyl NPP accident. *Probl. Radiac. Med. Radiobiol.* 2015. Vol. 20. P. 467–475.
7. Gordelier S. Allemagne, Grande Bretagne : Le risque de leucemie croit a proximite de centrales nucleaires.. l'Universite de Mayence en collaboration avec le registre allemand des cancers infantiles, 15 december 2011. URL: [http://www.lexpress.fr/actualite/sciences/sante/habiter-pres-d-une-centrale-nucleaire-favoriserait-la-leucemie-chez-l-enfant\\_1070801.html](http://www.lexpress.fr/actualite/sciences/sante/habiter-pres-d-une-centrale-nucleaire-favoriserait-la-leucemie-chez-l-enfant_1070801.html). (Last accessed: 10.10.2017).

exceed the ACL values at a runtime of 2012–2016 according to RNPP data. According to other monitoring bodies the exceedance of the BOD, total iron and ammonium salts content over the ACL values was observed in 2016–2017 in surface waters of the river upstream the RNPP water catchment area and downstream the RNPP. No excess of the ACL of chemicals was observed over time in the open air of the CA, in particular in the City of Varash and in rural settlements,

4. Mean scores of the GHQ-28 somatization and anxiety scales are significantly higher in rural population of CA compared to urban one. A correlation was established between the anxiety and somatization rates and a generalized environmental score. The combined effect of environmental, radiation and psychological factors in the RNPP CA requires studying of the population health.

## REFERENCES

1. Barbashev SV. [System of complex radioecological monitoring of the Ukrainian NPPs location areas] [abstract of dissertation]. Odessa: National Polytechnic University; 2009. 36 p. Ukrainian.
2. Novoselova TN, Golod AV, Levitskiy AV, Protasov AA. [Control of the ecological state of a pond-cooler of a NPP on the basis of water transparency]. *Nuclear Power and Environment*. 2018;(1):57-60. Russian.
3. Bonchuk YuV. Sanitary protective zones of NPPs, radiation and hygienic requirements for their assignment. *Probl Radiac Med Radiobiol*. 2016;21:216-28.
4. Prylypko VA, Morozova MM, Petrychenko OO, Ozerova YuYu, Kotsubinskij OV. Morbidity rates in the NPP surveillance zone and radiologically contaminated areas. *Probl Radiac Med Radiobiol*. 2018;23:188-99.
5. Bazyka DA, Prisyazhnyuk AE, Romanenko AE, Fedorenko ZP, Gudzenko NA, Fuzik NN, et al. [The incidence of malignant tumors in population of Ukrainian cities with nuclear power industry enterprises]. *Radiation and Risk*. 2011;20(3):58-69. Russian.
6. Fedirko PA, Babenko TF, Dorichevska RY, Garkava NA. Retinal vascular pathology risk development in the irradiated at different ages as a result of Chornobyl NPP accident. *Probl Radiac Med Radiobiol*. 2015;20:467-73.
7. Gordelier S. Allemagne, Grande Bretagne. Le risque de leucemie croit a proximite de centrales nucleaires. l'Universite de Mayence en collaboration avec le registre allemand des cancers infantiles, 15 december 2011. Available from: [http://www.lexpress.fr/actualite/sciences/sante/habiter-pres-d-une-centrale-nucleaire-favoriserait-la-leucemie-chez-l-enfant\\_1070801.html](http://www.lexpress.fr/actualite/sciences/sante/habiter-pres-d-une-centrale-nucleaire-favoriserait-la-leucemie-chez-l-enfant_1070801.html). (Last accessed: 10.10.2017).
8. Rocelle D. Rapport d'information sur la surete nucleaire et la radioprotection du site de Romans Ce rapport est redige au titre

8. Rocrelle D. Rapport d'information sur la surete nucleaire et la radio-protection du site de Romans Ce rapport est redige au titre de l'article 21 de la loi de transparence et securite en matiere nucleaire. URL: [https://www.ladrome.fr/sites/default/files/9-\\_fbfc\\_rapport\\_annuel\\_snr\\_2011.pdf](https://www.ladrome.fr/sites/default/files/9-_fbfc_rapport_annuel_snr_2011.pdf). (Last accessed: 10.10.2017).
9. Kovacs P., Gordelier S. L'energie nucleaire et l'opiion publique. La Division du development nucleaire de l'AEN. *AEN Infos*. 2009. № 27. P. 1
10. Прилипко В. А., Озерова Ю. Ю. Задоволеність сферами якості життя населення зони спостереження атомної електростанції *Довкілля та здоров'я*. 2018. № 1 (85). С. 20–25.
11. Goldberg D., Williams P. A User's Guide to the General Health Questionnaire. Oxford : Institute of Psychiatry, 1991. 128 p.
12. Наследов А. SPSS 19 : профессиональный статистический анализ данных СПб. : Питер, 2011. 400 с.
13. Комплексна (зведена) програма підвищення безпеки енергоблоків АЕС України : техніко-економічного обґрунтування 26.12.2011 / Донецький науковий центр за завданням ДП «Укрдержбудекспертиза» від 26.12.11 Р. № 5206 ; директор О. Ф. Коновалов ; керівн. В. П. Кириченко. Донецьк, 2011. С. 27–38.
14. Ровенская АЭС. Энергоблок № 4. ОВОС. Физико-географическая и климатическая характеристика района и площадки энергоблока. 38-903.201.001.OV02. в 2 т. К. : КИЭП, 2003. 158 с.
15. Дозиметрическая паспортизация населенных пунктов Украины, подвергшихся радиоактивному загрязнению после Чернобыльской аварии. Сборник 5. Киев, 1995. С. 312
16. Результати комплексного радіаційно-гігієнічного моніторингу окремих населених пунктів радіоактивно забруднених територій рівненської області у 2017 р. / В. В. Василенко, С. Ю. Нечаєв, М. Я. Циганков, В. О. Пікта, Г. М. Задорожна, М. С. Курята, Л. О. Литвинець, Л. П. Міщенко, Т. Ф. Бабенко. *Проблеми радіаційної медицини та радіобіології*. 2018. Вип. 23. С. 139–152.
17. Ретроспективно-прогнозні дози опромінення населення. Збірник 7. Київ, 1998. С. 314.
- de l'article 21 de la loi de transparence et securite en matiere nucleaire. URL: [https://www.ladrome.fr/sites/default/files/9-\\_fbfc\\_rapport\\_annuel\\_snr\\_2011.pdf](https://www.ladrome.fr/sites/default/files/9-_fbfc_rapport_annuel_snr_2011.pdf). (Last accessed: 10.10.2017).
9. Kovacs P, Gordelier S. L'energie nucleaire et l'opiion publique. La Division du development nucleaire de l'AEN. *AEN Infos*. 2009;27:1.
10. Prylypko VA, Ozerova Yu. [Satisfaction of the population of Nuclear Power Plant control area with the spheres of quality of life]. *Environment and Health*. 2018;1:20-5. Ukrainian.
11. Goldberg D, Williams P. A User's guide to the general health questionnaire. Oxford: Institute of Psychiatry; 1991. 128 p.
12. Nasledov A. [SPSS 19: the professional statistical analysis of data]. St.-Petersburg: Peter, 2011. 400 p. Russian.
13. Donetsk Scientific Center on the task of the State Enterprise «Ukrderzhbudekspertiza» dated 26.12.11 Reg. # 5206; Director OF. Konovalov; Manager VP. Kirichenko. [Comprehensive (consolidated) program of increasing the safety of Ukrainian NPP power units: techno-economical feasibility study 26.12.2011]. Donetsk; 2011. p. 27-38. Ukrainian.
14. [Rivne NPP. Unit 4. Environmental Impact Analysis. Physical-geographical and climatic characteristics of the area and site of the unit. 38-903.201.001.OV02]. In 2 vols. Kyiv: KIEP; 2003. 158 p. Russian.
15. [Dosimetric passportization of the settlements of Ukraine exposed to radioactive contamination after the Chernobyl accident]. Collection Book #5. Kyiv; 1995. 312 p. Russian.
16. Vasylenko W, Nechaev SYu, Tsigankov MYa, Pikta VO, Zadorozhna GM, Kuriata MS, Lytvynetz LO, Mischenko LP, Babenko TF. Results of comprehensive radiological & hygienic monitoring in some settlements of radiologically contaminated areas in Rivne region in 2017. *Probl Radiac Med Radiobiol*. 2018;23:139-52.
17. [Retrospective and predicted doses of population exposure]. Collection Book #7. Kyiv; 1998. 314 p. Ukrainian.

## ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

**Прилипко Валентина Антонівна** – доктор медичних наук, професор, завідувач лабораторії медико-соціальних досліджень, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМ, м. Київ

**Морозова Марина Миколаївна** – науковий співробітник лабораторії медико-соціальних досліджень, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМ, м. Київ

**Бондаренко Ірина Валентинівна** – молодший науковий співробітник лабораторії медико-соціальних досліджень, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМ, м. Київ

**Петриченко Олександр Олександрович** – доктор медичних наук, старший науковий співробітник, заступник начальника лікувально-організаційного управління, Національна академія медичних наук України, м. Київ

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Valentina A. Prylypko** – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Laboratory for Medical and Social Research, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology of the NRCRM, Kyiv, Ukraine

**Marina M. Morozova** – Research Fellow, Laboratory of Medical and Social Research, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology of the NRCRM, Kyiv, Ukraine

**Irina V. Bondarenko** – Junior Researcher, Laboratory of Medical and Social Research, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology of the NRCRM, Kyiv, Ukraine

**Oleksandr O. Petrychenko** – Doctor of Medical Sciences, Senior Researcher, Deputy Chief of Medical and Organizational Office, National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Романенко Олександр Миколайович** – заступник начальника цеху радіаційної безпеки, Виробниче підприємство «Рівненська АЕС», м. Вараш

**Туз Катерина Костянтинівна** – молодший науковий співробітник лабораторії медико-соціальних досліджень, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМ, м. Київ

**Озерова Юлія Юріївна** – науковий співробітник лабораторії медико-соціальних досліджень, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМ, м. Київ

**Oleksandr M. Romanenko** – Deputy Head of the Radiation Safety Department, Rivne NPP manufacturing facility, Varash City, Ukraine

**Kateryna K. Tuz** – Junior Researcher of the Laboratory for Medical and Social Research, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology of the NRCRM, Kyiv, Ukraine

**Yulia Y. Ozerova** – Junior Researcher of the Laboratory for Medical and Social Research, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology of the NRCRM, Kyiv, Ukraine

*Стаття надійшла до редакції 21.04.2019*

*Received: 21.04.2019*