

## РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ АЭС «РУППУР» (НАРОДНАЯ РЕСПУБЛИКА БАНГЛАДЕШ)

**Д.Н. Курбаков, И.В. Гешель, А.Н. Павлов, А.С. Снегирев, А.В. Панов**

*ФГБНУ ВНИИ радиологии и агроэкологии*

*249032, Калужская обл., г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км*

**Р**

Представлен опыт ведения комплексного радиоэкологического мониторинга приземного атмосферного воздуха в регионе размещения АЭС «Руппур» (Народная Республика Бангладеш) на начальных стадиях жизненного цикла атомной станции. Разработана программа мониторинговых работ, определены перечень исследуемых параметров, регламент наблюдений, приборно-методическое обеспечение. На разном расстоянии от АЭС выбраны посты по отбору проб приземного воздуха и атмосферных выпадений. В числе контролируемых параметров рассматривались радионуклидный состав, включающий в себя природные ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{222}\text{Ra}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ) и техногенные ( $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) изотопы, уровень запылённости. Мониторинговые исследования проведены в 2014 – 2017 гг. на фоновом уровне и этапе строительства АЭС с учетом климатических особенностей региона в разные сезоны года. По результатам мониторинговых наблюдений установлено влияние строительства АЭС на изменение концентрации пыли в приземном атмосферном воздухе и отсутствие детектируемого увеличения в нём содержания радионуклидов. Объёмная активность радиоизотопов в воздухе за весь период исследований была на уровне порога обнаружения приборами ( $^{40}\text{K} < 3,3 \cdot 10^{-2}$ ,  $^{226}\text{Ra} < 0,01 \cdot 10^{-2}$ ,  $^{232}\text{Th} < 1,4 \cdot 10^{-3}$ ,  $^{90}\text{Sr} < 1,3 \cdot 10^{-5}$ ,  $^{137}\text{Cs} < 1,5 \cdot 10^{-3}$  Бк/м<sup>3</sup>) и определялась глобальными выпадениями. Отмечено влияние климата на содержание пыли в воздухе в течение года от минимальных значений (0,06 мг/м<sup>3</sup>) в муссонный период (июнь – сентябрь) до максимальных (0,24 мг/м<sup>3</sup>), превышающих установленные нормативы (0,15 мг/м<sup>3</sup>), в засушливый период (декабрь).

Проведены исследования радоноопасности площадки строительства АЭС «Руппур». Анализ результатов измерений плотности потока радона свидетельствует о безопасности территории размещения АЭС по содержанию данного радионуклида. Практически во всех отобранных пробах воздуха плотность потока радона была ниже 80 Бк/м<sup>3</sup> при нормативе 100 Бк/м<sup>3</sup>.

Заложенная сеть радиационно-экологического мониторинга приземного атмосферного воздуха позволит регистрировать изменение ситуации в районе размещения АЭС «Руппур» и выявлять влияние работы станции на радиоэкологическую обстановку в данном регионе.

**Ключевые слова:** АЭС, радиоэкологический мониторинг, атмосферный воздух и осадки, Народная Республика Бангладеш, запыленность, радионуклиды, радон.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Особенностью воздействия АЭС на человека и окружающую среду при работе в штатном режиме являются многолетние нормализованные выбросы радионуклидов, которые поступают с вытяжным воздухом из зданий станции через вентиляционные трубы высотой около 100 м. Образующиеся при работе АЭС газы и аэрозоли, содержащие микрочастицы твердых веществ и микрокапли жидкостей, проходят очистку на фильтрующих установках [1 – 4]. Однако часть загрязняющих веществ, попадая в окружающую среду в разрешённых количествах, постепенно накапливается в различных компонентах экосистем и пищевой продукции, что влияет как на экологическую обстановку в регионе размещения АЭС, так и на формирование дополнительных дозовых нагрузок на население в случае выбросов радионуклидов. Это приводит к необходимости организации постоянного комплексного мониторинга за состоянием атмосферного воздуха в регионе размещения АЭС как первичного пути поступления радионуклидов в организм человека [5, 6]. В период строительства АЭС основными факторами воздействия являются нерадиационные, включая отчуждение территорий под площадку станции и инфраструктуру, поступление в окружающую среду пыли и других загрязняющих веществ [7 – 9].

Жизненный цикл АЭС составляет более 50-ти лет от фазы строительства до вывода из эксплуатации [10]. Поэтому создание системы радиационно-экологического мониторинга в регионе воздействия атомной электростанции начинается еще на стадии проектирования в рамках инженерно-экологических изысканий. Создание системы радиоэкологического мониторинга до начала строительства АЭС обеспечивает информационный базис для дальнейшего анализа возможного негативного влияния станции на окружающую среду и человека в период возведения объекта и его эксплуатации [11]. Важно отметить, что при оценке такого влияния необходимо учитывать существующее на момент строительства АЭС загрязнение окружающей среды от действующих промышленных предприятий в регионе размещения станции [12]. Опыт разработки системы радиоэкологического мониторинга атмосферного воздуха в районах расположения атомных электростанций представлен на примере строящейся АЭС «Руппур» в Народной Республике Бангладеш.

Цель работы – создание и ведение системы радиационно-экологического мониторинга приземного атмосферного воздуха в зоне влияния АЭС «Руппур» на различных этапах жизненного цикла атомной электростанции.

## **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ**

Площадка АЭС «Руппур» расположена на восточном берегу реки Падма (Ганг), в 160 км к северо-западу от столицы г. Дакка, в 21 км к северо-западу от г. Пабна, в 5,6 км к юго-западу от железнодорожной станции Ишурди [13, 14]. В период 2014 – 2017 гг. специалистами ФГБНУ ВНИИРАЭ в рамках инженерно-экологических изысканий создана система радиационно-экологического мониторинга атмосферного воздуха в зоне воздействия АЭС «Руппур». В соответствии с [15, 16] разработана детализированная программа радиационно-экологического мониторинга, выбраны посты наблюдений, определены объекты мониторинга, перечень наблюдаемых параметров, регламент наблюдений, а также методы наблюдений и нормативно-техническое обеспечение. В числе контролируемых показателей рассматривался радионуклидный состав приземного атмосферного воздуха и атмосферных выпадений, включающий в себя природные ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{222}\text{Ra}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ) и техногенные ( $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,

$^{137}\text{Cs}$ ) радионуклиды и уровень запыленности. Посты наблюдения за приземным атмосферным воздухом и атмосферными выпадениями выбраны в пятикилометровой ближней зоне воздействия атомной электростанции (рис. 1):

- пост 1 – площадка АЭС «Руппур», метеорологическая станция;
- пост 2 – поселок «Кутир», в 1,2 км на северо-запад от АЭС «Руппур»;
- пост 3 – поселок «Грин Сити», в 2,4 км на северо-восток от АЭС «Руппур».

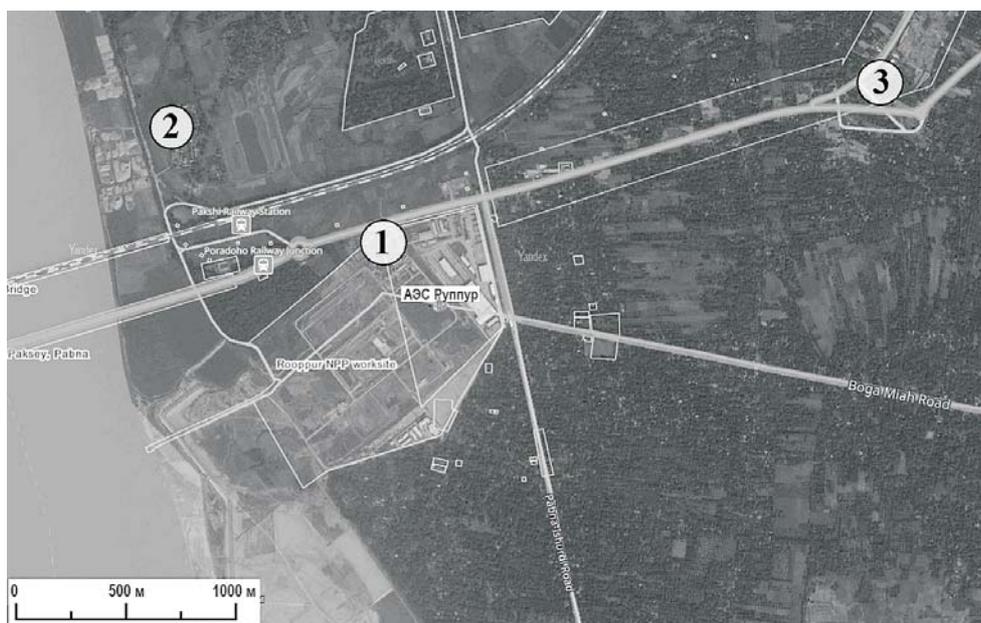


Рис. 1. Карта-схема постов наблюдения за состоянием приземного атмосферного воздуха в регионе размещения АЭС «Руппур»

Одним из необходимых условий при выборе постов наблюдения было наличие в месте их размещения электричества для подключения воздухофильтрующих установок и круглосуточной охраны в целях обеспечения непрерывной и безопасной работы оборудования по пробоотбору.

Продолжительность отбора проб приземного атмосферного воздуха для определения разовых концентраций вредных химических веществ (ВХВ) составляла от 20-ти до 30-ти минут; для определения среднесуточных концентраций тот же период времени через равные промежутки в сроки 1, 7, 13 и 19 часов. Пробы отбирались ежедневно в течение 20-ти дней. Отбор проб приземного атмосферного воздуха проводили установкой «Аспиратор ПУ-3Э/12» на фильтры типа АФА-ВП, АФА-СП, АФА-МП, АФА-ХП. Скорость прокачиваемого воздуха составляла 100 л/мин (72 м<sup>3</sup>/сут). Пробоотборник размещался на открытой местности вне зоны ветровой тени от застройки и лесных насаждений, а также вне зоны влияния автомагистралей. Наблюдения за распространением и плотностью выпадений радионуклидов из атмосферы на подстилающую поверхность проводили седиментационным методом – сбором оседающих аэрозолей и осадков в открытые сосуды. Для этого на постах наблюдения были установлены баки-сборники типа ИЛАН.307642.001, разработанные в ФГБУ «НПО «Тайфун» Росгидромета (г. Обнинск). Периодичность отбора атмосферных осадков составляла один месяц [17 – 19]. Учитывая климатические особенности региона размещения АЭС, отбор проб проводился в разные сезоны года: август (2014 г.), апрель (2015 г.), декабрь (2016 г.) и июнь (2017 г.). Измерение проб осуществлялось в ФГБНУ ВНИИРАЭ (г. Обнинск) в

лаборатории радиационного контроля (аттестат аккредитации RA.RU.21АД81).

Для комплексного анализа состояния приземного атмосферного воздуха в регионе строительства АЭС «Руппур» проводилась оценка радоноопасности на площадке строящейся станции. Измерения объёмной активности (ОА) и плотности потока радона (ППР) на площадке строительства с поверхности грунта и в воздухе построенных зданий и сооружений проводили экспресс-методом, используя радиометр радона PPA-01M-01 с автономной воздуходувкой АВ-07 (рис. 2).



Рис. 2. Радиометр радона PPA-01M-01 для измерений ОА и ППР в регионе размещения АЭС «Руппур»

Измерение плотности потока  $^{222}\text{Ra}$  с поверхности грунта основано на определении количества  $^{222}\text{Ra}$ , накопленного в пробоотборнике или в измерительной камере за счёт поступления с поверхности грунта известной площади и за фиксированное время.

Выбор расположения и количества контрольных точек для проведения измерений ППР в пределах обследуемого участка местности регламентируется нормативными документами в строительстве. Вокруг контрольных точек были подготовлены горизонтальные участки размером не менее  $0,2 \times 0,2 \text{ м}^2$  для проведения измерений. Подготовка заключается в зачистке площадки от мусора, растительности и крупных камней, рыхлении на глубину 3 – 5 см и выравнивании поверхности.

Содержание радона в пробах определялось расчетным путем после выполнения измерений в течение 20-ти и более минут. Для этого использовалась формула [20]

$$\text{ППР} = Q \cdot (1 + V_2 / V_1) \cdot \frac{(V_1 + V_3)}{T \cdot S} \cdot \exp(\lambda_{\text{Rn}} \cdot t),$$

где  $Q$  – измеренное значение ОА,  $\text{Бк} \cdot \text{м}^{-3}$ ;  $V_2$  – объём измерительной камеры соответствующего радиометра, л;  $V_1$  – объём пробы в пробоотборнике (1,05 л);  $t$  – время, прошедшее от окончания отбора пробы до начала измерений, мин,  $t = t_2 - t_1$ ;  $\lambda_{\text{Rn}}$  – постоянная распада  $^{222}\text{Rn}$  ( $1,26 \cdot 10^{-4} \text{ мин}^{-1}$ );  $V_3$  – свободный объём накопительной камеры и соединительных трубок (0,563 л);  $T$  – время работы автономной воздуходувки при отборе пробы из накопительной камеры в пробоотборник (300 с);

S – площадь сбора радона с поверхности грунта накопительной камерой (0,0163 м<sup>2</sup>).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Мониторинговые исследования в регионе размещения АЭС «Руппур» в период с 2014 по 2017 гг. показали, что содержание радионуклидов на фильтрах аспираторных установок было ниже порога обнаружения используемой методики. Превышений объемной активности радионуклидов, согласно НРБ-99/2009, в приземном атмосферном воздухе не обнаружено (табл. 1). Так, для <sup>40</sup>K она была менее 3,3·10<sup>-2</sup>, для <sup>226</sup>Ra ниже 0,01·10<sup>-2</sup>, для <sup>232</sup>Th менее 1,4·10<sup>-3</sup>, для <sup>90</sup>Sr не выше 1,3·10<sup>-5</sup> и для <sup>137</sup>Cs менее 1,5·10<sup>-3</sup> Бк/м<sup>3</sup>, и определялась глобальными выпадениями.

Таблица 1

### Объемная активность радионуклидов в приземном атмосферном воздухе в пятикилометровой зоне наблюдения АЭС «Руппур» в 2014 – 2017 гг., Бк/м<sup>3</sup>

Радионуклид	Период наблюдений				НРБ-99/2009
	2014 (сентябрь)	2015 (апрель)	2016 (декабрь)	2017 (июнь)	
<sup>40</sup> K	2,3·10 <sup>-2</sup>	2,3·10 <sup>-2</sup>	4,2·10 <sup>-2</sup>	4,2·10 <sup>-2</sup>	31
<sup>226</sup> Ra	7,7·10 <sup>-3</sup>	7,7·10 <sup>-3</sup>	1,4·10 <sup>-2</sup>	1,4·10 <sup>-2</sup>	3,0·10 <sup>-2</sup>
<sup>232</sup> Th	1,4·10 <sup>-3</sup>	1,4·10 <sup>-3</sup>	1,4·10 <sup>-3</sup>	1,4·10 <sup>-3</sup>	4,9·10 <sup>-3</sup>
<sup>90</sup> Sr	< 1,3·10 <sup>-5</sup>	< 1,3·10 <sup>-5</sup>	< 1,2·10 <sup>-5</sup>	< 1,3·10 <sup>-5</sup>	2,7
<sup>137</sup> Cs	1,5·10 <sup>-3</sup>	1,5·10 <sup>-3</sup>	< 1,4·10 <sup>-3</sup>	< 1,4·10 <sup>-3</sup>	27

Таблица 2

### Удельная активность радионуклидов в атмосферных выпадениях в пятикилометровой зоне наблюдения АЭС «Руппур» в 2014 – 2017 гг., Бк/кг

№ поста	Тип пробы	Радионуклид						
		<sup>40</sup> K	<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	<sup>54</sup> Mn	<sup>60</sup> Co	<sup>90</sup> Sr	<sup>137</sup> Cs
1	Осадки	1,0	0,044	0,062	< 0,02	< 0,02	0,001	0,09
2		3,1	0,036	0,068	< 0,04	< 0,04	0,001	0,06
3		4,4	0,095	0,018	< 0,09	< 0,09	0,001	0,04
НРБ-99/2009 (питьевая вода)		–	0,49	0,6	193	40	4,9	11
1	Фильтр	< 473	< 15,8	< 15,8	–	–	< 10,6	< 15,8
2		< 821	< 16,4	< 16,4	–	–	< 8,3	< 16,4
3		< 649	< 10,8	< 10,8	–	–	< 9,9	< 10,8

Для комплексной характеристики состояния приземного атмосферного воздуха в регионе размещения АЭС «Руппур» был проведен отбор проб атмосферных выпадений. Результаты лабораторных анализов показали, что содержание природных и искусственных радионуклидов в атмосферных выпадениях (осадки) чрезвычайно низкое, и находится на пороге их обнаружения используемой методикой (табл. 2). В гипотетическом случае использования местным населением воды атмосферных осадков для питья это не оказало бы отрицательного воздействия на их здоровье с точки зрения радиологии, поскольку действующие нормативы предела годового поступления радионуклидов для человека с такой водой не превышены [21 – 23].

Результаты исследования согласуются с отечественными данными по мониторингу радиоактивности приземного слоя воздуха и атмосферных выпадений в районе

эксплуатирующихся Российских АЭС. Объемная активность радионуклидов в приземном слое воздуха в зонах наблюдения строящейся АЭС «Руппур» и Российских АЭС в  $10^3 - 10^9$  раз ниже допустимых нормативов для населения [24, 25].

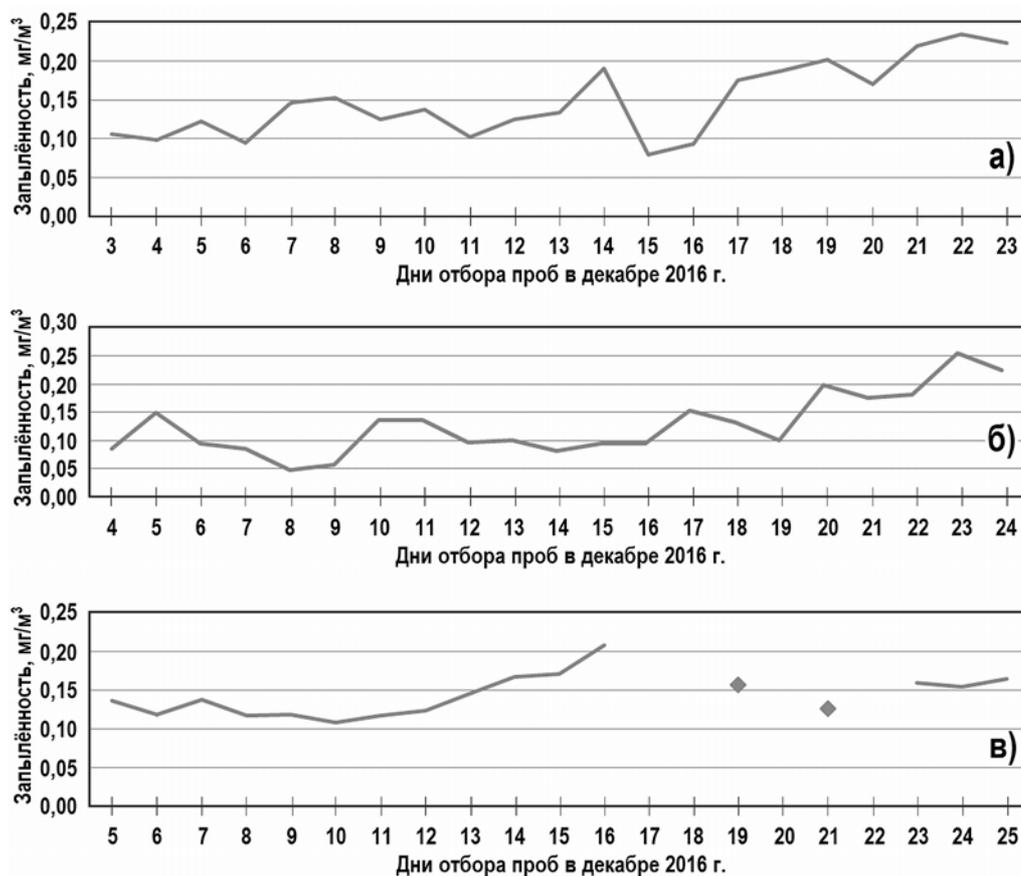


Рис. 3. Динамика запыленности воздуха в регионе размещения АЭС «Руппур» в декабре 2016 г.: а) – пост 1; б) – пост 2; в) – пост 3

Загрязнение воздуха – одна из наиболее острых экологических проблем в Бангладеш, где значительным фактором является пыль. Исследования, проведенные в районе размещения АЭС «Руппур» на этапе инженерно-экологических изысканий, превышений нормативов запыленности приземного атмосферного воздуха в 2014 и 2015 гг. не выявили. Среднее значение пыли в воздухе в этот период равнялось  $0,07 \text{ мг/м}^3$ , ПДК при этом составляет  $0,15 \text{ мг/м}^3$  [26]. После начала строительных работ в засушливый период наблюдений (декабрь 2016 г.) обнаружены превышения содержания пыли в приземном атмосферном воздухе (рис. 3). Превышения нормативов содержания пыли после 17.12.2016 г. вероятно связано с интенсивностью работ строительной техники в непосредственной близости от пунктов наблюдения за атмосферным воздухом и природными условиями данной местности (засушливый сезон года и отсутствие осадков). Результаты мониторинговых исследований 2017 г. в муссонный период показали, что концентрация пыли в приземном воздухе по сравнению со значениями 2016 г. снизилась и равнялась  $0,06 \text{ мг/м}^3$ .

До начала строительных работ (2014 г.) на стадии инженерно-экологических изысканий была проведена оценка потенциальной радоноопасности площадки размещения АЭС, и на стадии проекта дано уточнение полученных показателей, на основании которых определен класс требуемой противорадоновой защиты зданий в

соответствии с [27]. Всего было проведено 38 измерений, при этом полученные значения колеблются в диапазоне от 5,4 до 85,7 мБк/(м<sup>2</sup>с). Полученные результаты измерений ППР экспресс-методом свидетельствуют о радонобезопасности площадки. Во всех отобранных пробах воздуха (за исключением точки №32) ППР была менее 80 Бк/м<sup>3</sup> при нормативе в воздухе помещений жилых домов и общественных зданий и сооружений, сдающихся в эксплуатацию после окончания строительства, капитального ремонта или реконструкции, 100 Бк/м<sup>3</sup> [7] (рис. 4).

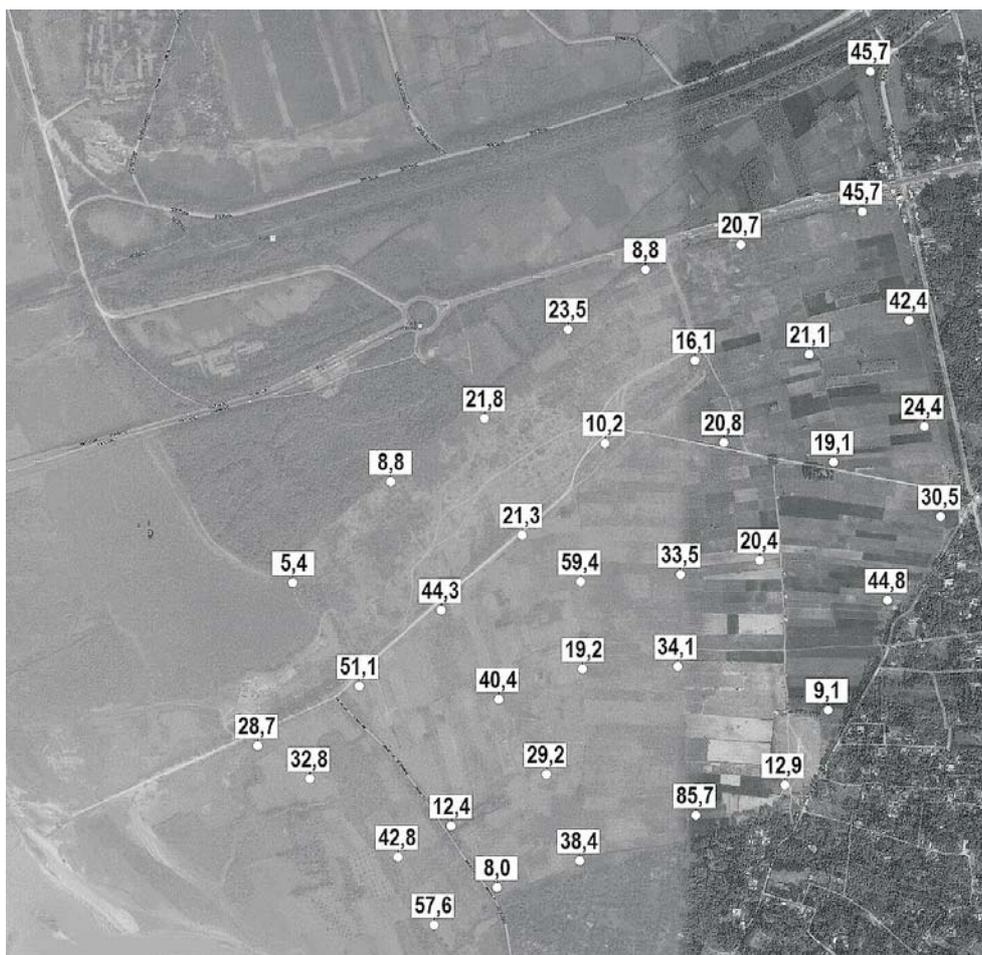


Рис. 4. Показатели плотности потока радона <sup>222</sup>Rn на площадке размещения АЭС «Руппур»

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных мониторинговых исследований установлено влияние строительных работ в регионе АЭС «Руппур» на изменение показателей содержания пыли в приземном атмосферном воздухе и отсутствие увеличения в нём содержания радионуклидов. Объемная активность радионуклидов (<sup>40</sup>K, <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>90</sup>Sr, <sup>137</sup>Cs) в воздухе была на уровне порога обнаружения используемых методик на всех этапах строительства АЭС «Руппур» и определялась глобальными выпадениями. Отмечено также влияние климатических условий на запыленность воздуха в течение года от минимальных значений в муссонный период (июнь-сентябрь) до максимальных, превышающих нормативы, в засушливый период (декабрь). Созданная сеть радиационно-экологического мониторинга приземного атмосферного воздуха

позволит регистрировать изменение ситуации в районе размещения АЭС «Руппур» и выявлять влияние работы атомной станции на радиоэкологическую обстановку в данном регионе Народной Республики Бангладеш. Результаты экспресс-метода обследования ППР на площадке строительства под АЭС «Руппур» свидетельствуют о радиобезопасности площадки. Но стоит отметить, что плотность потока радона с поверхности грунта зависит от атмосферного давления, влажности и температуры окружающей среды, а измерения ППР проводились в сезон дождей, следовательно, возникает необходимость уточнения результатов радиобезопасности территории и в засушливые периоды года.

**Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда  
(грант №18-19-00016).**

### **Литература**

1. International Atomic Energy Agency, INPRO Methodology for Sustainability Assessment of Nuclear Energy Systems: Environmental Impact of Stressors, IAEA Nuclear Energy Series, Vienna, 2016. No. NG-T-3.15. IAEA.
2. *Vasyanovich M., Vasilyev A., Ekinin A., Kapustin I., Kryshev A.* Special monitoring results for determination of radionuclide composition of Russian NPP atmospheric releases // Nuclear Engineering and Technology. – 2019. – No. 51. – PP. 1176-1179. DOI: 10.1016.
3. СанПиН 2.6.1.24-03 Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СПАС-03). – М.: УралЮрИздат, 2003. – 40 с.
4. *Безлепкин В.В., Семашко С.Е., Фролов А.С.* Проект «АЭС-2006»: радиационное воздействие на окружающую среду // Безопасность окружающей среды. – 2009. – №3. – С. 135-137.
5. Разработка и установление нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ атомных станций в атмосферный воздух. Методика. МТ 1.2.1.15.1176-2016. – М.: Росэнергоатом, 2016. – 76 с.
6. IAEA Safety Guide RS-G-1.8. Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation Protection. – Vienna. IAEA, 2005. – 136 p.
7. МУ 2.6.1.2838-11 Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка жилых, общественных и производственных зданий и сооружений после окончания их строительства, капитального ремонта, реконструкции по показателям радиационной безопасности: Методические указания. – М.: Федеральный Центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. – 26 с.
8. Экологический мониторинг окружающей среды в районах расположения атомных станций: монография. / Под ред. В.А. Грачева. – М.: Акси-М, 2013. – 176 с.
9. Радиоэкологическая обстановка в регионах расположения предприятий Росатома. / Под ред. И.И. Линге и И.И. Крышева. – М.: «САМ полиграфист», 2015. – 296 с.
10. Проектирование систем и контроля управления для атомных электростанций МАГАТЭ. – Вена, IAEA, 2018. – 228 с.
11. Safety Guide, IAEA Nuclear Energy Series No. RS-G-1.8. International Atomic Energy Agency. Environmental and source monitoring for purposes of radiation protection. – Vienna. IAEA, 2015. – 136 p.
12. *Панов А.В., Санжарова Н.И., Кузнецов В.К., Спиридонов С.И., Курбаков Д.Н.* Анализ подходов к радиационно-экологическому мониторингу в районах размещения ядерно- и радиационно-опасных объектов. Обзор. // Радиация и риск. – 2019. – Т. 28. – №3. – С. 75-95. DOI: 10.21870/0131-3878-2019-28-3-75-95.
13. Environmental Baseline Report Rooppur Nuclear Power Plant Project. Bangladesh. – Bangladesh Atomic Energy Commission, 2012. – 15 p.
14. *Akonda A.W.* A directory of Asian wetlands / Ed. D.A. Scott. Switzerland. In: IUCN, 1989. – PP. 541-581.
15. СП 151.13330.2012 Инженерные изыскания для размещения, проектирования и строительства АЭС. Ч. I. Инженерные изыскания для разработки предпроектной документации (выбор пункта и выбор площадки размещения АЭС). – М.: ФАУ «ЦФС». 2013. – 187 с.
16. СП 151.13330.2012 Инженерные изыскания для размещения, проектирования и строительства АЭС. Ч. II. Инженерные изыскания для разработки проектной и рабочей доку-

- ментации и сопровождения строительства. – М.: ФАУ «ЦФС». 2013. – 155 с.
17. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы – М.: Гидрометеорологическое издательство. 1991. – 327 с.
18. ОСТ 95-10123-85. Охрана природы. Атмосфера. Общие требования к отбору проб радиоактивных аэрозолей из приземного слоя. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 20 с.
19. ГОСТ 17.1.5.05-85 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 12 с.
20. МУ 2.6.1.037-2015 Определение среднегодовых значений ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений по результатам измерений разной длительности. – М.: ФМБА России. 2016. – 48 с.
21. НРБ-99/2009 Нормы радиационной безопасности : санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 100 с.
22. Крышев И.И., Хандогина Е.К., Пахомов А.Ю. и др. Использование анализа риска для определения интегральных показателей радиационного состояния окружающей среды в районах размещения АЭС. // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2009. – № 4. – С. 54-60.
23. Газиев И.Я., Крышев А.И. Модельные расчёты радиоактивного загрязнения атмосферы, местности, сельскохозяйственной продукции и доз облучения населения в зоне наблюдений Нововоронежской АЭС // Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). – 2010. – Т. 19. – № 1. – С. 48-59.
24. Крышев И.И., Булгаков В. Г., Крышев А.И. и др. Мониторинг радиоактивности приземного слоя воздуха и атмосферных выпадений в районе расположения АЭС // Атомная энергия. – 2019. – Т. 126. – №. 4. – С. 228-234; DOI: 10.1007/s10512-019-00548-8.
25. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2011-2017 гг. // Ежегодники Росгидромета. Обнинск: НПО «Тайфун».
26. ГН 2.1.6.2309-07 Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест: Гигиенические нормативы. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008. – 134 с.
27. СП 11-102-97 Инженерно-экологические изыскания для строительства: Свод правил. – М.: ПНИИИС Госстроя России. 1997. – 42 с.

Поступила в редакцию 17.01.2020 г.

Рекомендована к публикации оргкомитетом  
XV Международной молодежной научно-практической конференции  
«Будущее атомной энергетики – AtomFuture 2019»

#### Авторы

Курбаков Дмитрий Николаевич, научный сотрудник

E-mail: [Kurbakov007@gmail.com](mailto:Kurbakov007@gmail.com)

Гешель Ирина Викторовна, научный сотрудник

E-mail: [igeshel@yandex.ru](mailto:igeshel@yandex.ru)

Павлов Александр Николаевич, главный специалист, кандидат биологических наук

E-mail: [49434@mail.ru](mailto:49434@mail.ru)

Снегирев Алексей Сергеевич, младший научный сотрудник

E-mail: [Snegir.05@mail.ru](mailto:Snegir.05@mail.ru)

Панов Алексей Валерьевич, заместитель директора, доктор биологических наук,  
профессор РАН,

E-mail: [riar@mail.ru](mailto:riar@mail.ru)

## **RADIOECOLOGICAL MONITORING OF ATMOSPHERIC AIR IN THE VICINITY OF THE ROOPPUR NPP (PEOPLE'S REPUBLIC OF BANGLADESH)**

Kurbakov D.N., Geshel I.V., Pavlov A.N., Snegirev A.S., Panov A.V.

Russian Institute of Radiology and Agroecology,  
109 km Kievskoye Shosse, Obninsk, Kaluga reg., 249032 Russia

### ABSTRACT

The paper presents the experience of conducting integrated radioecological monitoring of surface air in the region where the Ruppur NPP (People's Republic of Bangladesh) is located at the initial stages of the nuclear plant life cycle. The authors developed a monitoring program, a list of the studied parameters, an observation schedule, and instrumentation support. At different distances from the NPP, posts were selected for sampling surface air and atmospheric deposition. Among the controlled parameters, the following were considered: radionuclide composition, including natural ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{222}\text{Ra}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ) and technogenic ( $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) isotopes, dust level. Monitoring studies were conducted in 2014 – 2017: at the background level and the plant construction phase, taking into account the climatic characteristics of the region in different seasons of the year. The results of monitoring observations made it possible to determine the effect of the plant construction on the change in the concentration of dust in the surface air and the absence of a detectable increase in its radionuclide content. The volumetric activity of radioisotopes in air over the entire period of research was at the level of the detection threshold ( $^{40}\text{K} < 3.3 \cdot 10^{-2}$ ,  $^{226}\text{Ra} < 0.01 \cdot 10^{-2}$ ,  $^{232}\text{Th} < 1.4 \cdot 10^{-3}$ ,  $^{90}\text{Sr} < 1.3 \cdot 10^{-5}$ ,  $^{137}\text{Cs} < 1.5 \cdot 10^{-3} \text{Bq/m}^3$ ) and was determined by global deposition. The climate effect on the dust content in the air during the year was also noted – from the minimum values ( $0.06 \text{ mg/m}^3$ ) in the monsoon period (June–September) to the maximum ( $0.24 \text{ mg/m}^3$ ) exceeding the established standards ( $0.15 \text{ mg/m}^3$ ) in the dry period (December).

The radon hazard studies of the Ruppur NPP construction site were also carried out. The results of measurements of the radon flux density indicate the safety of the plant's location area in terms of this radionuclide content. In almost all the air samples taken, the radon flux density was lower than  $80 \text{ Bq/m}^3$ , while the permissible limit for residential and public buildings and structures to be commissioned after the plant construction, major repairs or reconstruction is at the level of  $100 \text{ Bq/m}^3$ .

The established network of radiation and environmental monitoring of surface atmospheric air will make it possible to register changes in the situation in the Ruppur NPP's location area and to identify the effect of the plant's work on the radioecological situation in this region.

**Key words:** nuclear power plants, radioecological monitoring, atmospheric air and precipitation, People's Republic of Bangladesh, dust, radionuclides, radon.

### REFERENCES

1. International Atomic Energy Agency, INPRO Methodology for Sustainability Assessment of Nuclear Energy Systems: Environmental Impact of Stressors, IAEA Nuclear Energy Series, Vienna, 2016, no. NG-T-3.15. IAEA.
2. Vasyanovich M., Vasilyev A., Ekidin A., Kapustin I., Kryshev A. Special monitoring results for determination of radionuclide composition of Russian NPP atmospheric releases. *Nuclear Engineering and Technology*, 2019, no. 51, pp. 1176-1179. DOI: 10.1016.

3. SanPiN 2.6.1.24-03 *Sanitary Rules for Design and Operation of Nuclear Power Plants (SP AS-03)*. Moscow. UralYurIzdat Publ., 2003, 40 p. (in Russian).
4. Beslepkin V.V., Semashko S.E., Frolov A.S. NPP-2006 Project: Radiation Impact on the Environment. *Bezopasnost' Okruzhayushey Sredy*, 2009, no. 3, pp. 135-137 (in Russian).
5. *Development and establishment of standards for maximum permissible emissions of radioactive substances of nuclear power plants into the atmospheric air*. Technique. MT 1.2.1.15.1176-2016. Moscow. Rosenergoatom Publ., 2016, 76 p. (in Russian).
6. IAEA Safety Guide RS-G-1.8. *Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation Protection*. Vienna. IAEA, 2005, 136 p.
7. MU 2.6.1.2838-11 *Radiation monitoring and sanitary and epidemiological assessment of residential, public and industrial buildings and structures after completion of their construction, overhaul, reconstruction according to radiation safety indicators: Methodological instructions*. Moscow. Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rosпотребнадзор Publ., 2011, 26 p. (in Russian).
8. *Environmental monitoring of the environment in the areas of nuclear power plants*. Monograph. Ed. V.A. Grachev. Moscow. Aksi-M Publ., 2013, 176 p. (in Russian).
9. *Radioecological situation in the regions of Rosatom under enterprises*. Ed. I.I. Linge and I.I. Kryshev. Moscow. SAM Poligrafist Publ., 2015, 296 p. (in Russian).
10. Design of control and control systems for IAEA nuclear power plants. Vienna, 2018, 228 p. (in Russian).
11. Safety Guide, IAEA Nuclear Energy Series No. RS-G-1.8. International Atomic Energy Agency. *Environmental and source monitoring for purposes of radiation protection*. Vienna. IAEA, 2015. 136 p.
12. Panov A.V., Sanzharov N.I., Kuznetsov V.K., Spiridonov S.I., Kurbaev D.N. Analysis of approaches to radiation and environmental monitoring in the areas of placement of nuclear and radiation-dangerous objects. Overview. *Radiatsiya i Risk*. 2019, v. 28, no. 3, pp. 75-95; DOI: 10.21870/0131-3878-2019-28-3-75-95 (in Russian).
13. Environmental Baseline Report Rooppur Nuclear Power Plant Project. Bangladesh. Bangladesh Atomic Energy Commission, 2012. 15 p.
14. Akonda A.W. *A directory of Asian wetlands*. Ed D.A. Scott. Switzerland. In: IUCN, 1989, pp. 541-581.
15. SP 151.13330.2012 Engineering surveys for NPP placement, design and construction. Part I Engineering survey for development of pre-design documentation (selection of a point and selection of NPP location site). Moscow. FAU «TsFS» Publ., 2013. 187 p. (in Russian).
16. SP 151.13330.2012 Engineering surveys for NPP placement, design and construction. Part II Engineering survey for development of design and working documentation and construction support. Moscow. FAU «TsFS» Publ., 2013, 155 p. (in Russian).
17. RD 52.04.186-89 *Guidelines for the Control of Atmospheric Pollution*. Moscow. Hydrometeoizdat Publ., 1991, 327 p. (in Russian).
18. OST 95-10123-85 *Nature protection. Atmosphere. General requirements for sampling radioactive aerosols from the surface layer*. Moscow. Standards Publishing, 1985, 20 p. (in Russian).
19. GOST 17.1.5.05-85 *Nature Protection. Hydrosphere. General requirements for sampling surface and sea waters, ice and atmospheric precipitation*. Moscow. Standards Publishing, 1985, 12 p. (in Russian).
20. MU 2.6.1.037-2015 *Determination of average annual values of EROA of radon isotopes in the air of rooms by the results of measurements of different duration*. Moscow. FMBA of Russia Publ., 2016, 48 p. (in Russian).
21. HPB-99/2009 Radiation Safety Standards: Sanitary and Epidemiological Rules and Standards. Moscow. Federal Center for Hygiene and Epidemiology of the Russian Federation, 2009, 100 p. (in Russian)
22. Roshev I.I., Khandogina E.K., Pakhomov A.Y. Use of risk analysis to determine integral indicators of radiation state of the environment in areas of NPP location *News of higher*

*educational institutions. Nuclear power*. 2009, no. 4, pp. 54-60 (in Russian).

23. Gaziev I.J., Roshev A.I. Model calculations of radioactive contamination of the atmosphere, terrain, agricultural products and doses of radiation of the population in the observation area of Novovoronezhskaya NPP. *Radiation and risk* (Bulletin of the National Radiation and Epidemiological Register), 2010, v. 19, no. 1, pp. 48-59 (in Russian).

24. Kryshev I.I., Bulgarian V. G., Kryshev A.I. Monitoring of radioactivity of the ground air layer and atmospheric deposition in the area of NPP location. *Atomnaya Energiya*. 2019, v. 126, no. 4, pp. 228-234; DOI: 10.1007/s10512-019-00548-8 (in Russian).

25. Radiation situation on the territory of Russia and neighboring states in 2011 – 2017. *Yearbooks of Roshydromet*. Obninsk. NPO Tayfun (in Russian).

26. GN 2.1.6.2309-07 *Indicative Safe Exposure Levels (PLAL) of Pollutants in the Atmospheric Air of Populated Areas: Hygienic Standards*. Moscow: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor Publ., 2008, 134 p. (in Russian).

27. SP 11-102-97 *Engineering and Environmental Survey for Construction: Set of Rules*. Moscow. PNIIS Gosstroy of Russia Publ., 1997, 42 p. (in Russian).

### Authors

Kurbakov Dmitry Nikolaevich, Researcher

E-mail: [Kurbakov007@gmail.com](mailto:Kurbakov007@gmail.com)

Geshel Irina Viktorovna, Researcher

E-mail: [igeshel@yandex.ru](mailto:igeshel@yandex.ru)

Pavlov Alexander Nikolaevich, chief specialist, Cand. Sci. (Biological)

E-mail: [49434@mail.ru](mailto:49434@mail.ru)

Snegirev Alexey Sergeevich, Junior Researcher

E-mail: [Snegir.05@mail.ru](mailto:Snegir.05@mail.ru)

Panov Alexey Valerievich, Deputy Director, Professor of RAS, Dr. Sci. (Biological)

E-mail: [riar@mail.ru](mailto:riar@mail.ru)