УДК 622.411.32

С.Г.ГЕНДЛЕР, *д-р техн. наук, профессор, sgendler@mail.ru*
А.А.ЯКОВЕНКО, *аспирант, lexxst@inbox.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

S.G.GENDLER, *Dr. in eng. sc., professor, sgendler@mail.ru*
A.A.YAKOVENKO, *post-graduate student, lexxst@inbox.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ В ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЯХ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

На основании данных инструментальных измерений показано, что основным фактором, определяющим радиационную обстановку в подземных помещениях Санкт-Петербургского метрополитена, является радон и дочерние продукты его распада. Подтверждена гипотеза о влиянии на динамику накопления радона в подземных выработках влаги, поступающей из горных пород.

Ключевые слова: подземной помещение, радон, дочерние продукты, поток радона, объемная активность, эквивалентная объемная активность, влагосодержание, периодическая вентиляция.

EVALUATION OF RADIATION ENVIRONMENT IN UNDERGROUND CONSTRUCTION OF SAINT PETERSBURG SUBWAY

On the basis of instrumental measurement data the major factor defining a radiation environment in underground facility of Saint Petersburg the subway are radon and radon daughters is shown. The hypothesis of influence on dynamics of radon accumulation in underground facility of the moisture entering from rocks is confirmed.

Key words: underground facility, radon, radon daughters, radon stream, volume activity, equivalent volume activity, moisture content, periodic ventilation.

Современные масштабы освоения подземного пространства, в том числе для транспортных целей, приводят к необходимости строительства автодорожных, железнодорожных тоннелей и метрополитенов в регионах России, характеризующихся высоким уровнем радоноопасности [5]. Одним из таких регионов являются территория Северо-Запада России, включающая Санкт-Петербург и Ленинградскую область, где измеренные значения объемной активности радона в надпочвенном воздухе могут пре-

вышать уровень 40000 Бк/м^3 [2, 3], а содержание в подземных водах урановых аномалий достигает 10^{-5} г/л [5].

Одним из основных факторов, определяющих высокий уровень радоноопасности, является относительно близкое к поверхности залегание горных пород, имеющих содержания естественных радионуклидов уранового и ториевого рядов и калия-40, значительно превышающие кларковые. В первую очередь, это граниты Балтийского кристаллического щита, часто даже выходящие на поверхность. Кроме того, следует учитывать большое количество геологических нарушений в структуре этих пород. В этой связи, кроме повышенных значений мощности внешнего гамма-излучения у поверхности пород, над ними возникают области с повышенными относительно среднего значения скоростями эксгаляции (выделения) радона с поверхности почвы. В ряде других случаев породами, определяющими высокие значения скорости выделения радона с поверхности пород, являются структуры осадочного происхождения, например сланцы, содержание радия-226 в которых может достигать десятков тысяч беккерелей на килограмм при кларковом значении 20 Бк/кг.

Несмотря на то, что вышеприведенные данные не дают достаточного основания для однозначного вывода о характере радиационной обстановки непосредственно в горных выработках, они позволяют говорить о необходимости проведения специального комплекса исследований в подземных условиях. Эта необходимость подтверждается и данными, полученными ФГУП НПО «Радиевый институт им. В.Г.Хлопина» при исследовании радоновой обстановки в подземных помещениях подземного лабораторного измерительного комплекса (ПЛИК) ФГУП НПО «Радиевый институт им. В.Г.Хлопина», расположенных на глубине 50 м. Данные замеров показывают, что объемная активность радона-222 в грунте изменяется в течение года от 100 до 250 кБк/м^3. В воздушной среде непроветриваемых и проветриваемых служебных помещениях ПЛИК объемная активность радона-222 соответственно 400-600 и 50-300 Бк/м^3 [1].

Для оценки радиационной обстановки в подземных сооружениях Санкт-Петербургского метрополитена в 2012-2013 гг. были проведены измерения как объемной активности радона ($АО_{Rn}$), так и эквивалентной равновесной объемной активности радона ($ЭРОА_{Rn}$), являющейся основой для определения дозовой нагрузки для радона и дочерних продуктов его распада (полония-218, свинца-214 и бериллия-214) [4].

Измерения были осуществлены в подземных выработках тех станций метрополитена, которые расположены в районах Санкт-Петербурга, характеризующихся, по данным Регионального геоэкологического центра ФГУП УРАНГЕО, наиболее высокими уровнями объемной активности радона в надпочвенном воздухе (станции «Лесная», «Площадь Мужества», «Невский проспект»). Результаты замеров показали, что в хорошо проветриваемых выработках ЭРОА радона не превышает 20 Бк/м^3, что гораздо ниже нормативных значений, установленных как для эксплуатируемых зданий (200 Бк/м^3), так и для вновь проектируемых зданий жилищного и общественного назначения (100 Бк/м^3) [4].

Противоположная ситуация была выявлена в непроветриваемых или плохо проветриваемых подземных сооружениях, используемых для различных служебных и технологических нужд. Данные измерений, характеризующие $АО_{Rn}$ и $ЭРОА_{Rn}$, подтвердили ранее выполненные исследования, свидетельствующие об их превышении указанных нормативных значений [1].

Для выявления закономерностей формирования радоновой обстановки в таких сооружениях была изучена динамика $АО_{Rn}$ в одном из подземных служебных помещений Санкт-Петербургского метрополитена, расположенного в районе станции метро «Невский проспект». Измерения осуществлялись в летнее и зимнее время. Для их осуществления использовался радиометр объемной активности радона-222 AlphaGUARD PQ2000, с помощью которого с десятиминутным временным интервалом одновременно измерялись $АО_{Rn}$, температура воздуха, относительная влажность и давление.

В июне 2012 г. измерения осуществлялись в следующей последовательности: помещение предварительно герметизировалось и выдерживалось в этом состоянии не менее суток, после чего проводились измерения фонового значения $АО_{Rn}$; загрязненный радоном воздух с помощью принудительной вентиляции удалялся из помещения до достижения в нем нулевого значения $АО_{Rn}$; помещение вновь герметизировалось и в нем проводились измерения $АО_{Rn}$.

В феврале 2013 г. исследования были дополнены подогревом воздуха, который осуществлялся сразу после измерения фонового значения $АО_{Rn}$. Целевое значение этого этапа заключалось в проверке гипотезы о влиянии на динамику $АО_{Rn}$ влаги, поступающей из окружающих подземное помещение грунтов.

Результаты проведенных измерений $АО_{Rn}$ показывают, что динамика накопления радона в подземном помещении имеет явно выраженный сезонный характер. В летний период значения $АО_{Rn}$ достигали 1000 Бк/м^3, а зимой – 200 Бк/м^3 (рис.1). При этом значение ЭРОА радона изменялось от 300 до 900 Бк/м^3 летом и от 50 до 180 Бк/м^3 зимой.

Для условий зимней серии экспериментальных исследований по данным измерений температуры, относительной влажности и давления были рассчитаны влагосодержания воздуха. Выполненный далее анализ показал, что корреляционная связь между $АО_{Rn}$ и влагосодержанием воздуха описывается прямой линейной зависимостью с коэффициентом корреляции, превышающим 0,86, и статистической надежностью, соответствующей вероятности 95 % (рис.2).

Данные рис.2 подтверждают влияние влаги, поступающей из окружающих бетонной обделки и грунтов, на накопление радона в непроветриваемых или плохо проветриваемых подземных сооружениях метрополитена.

Таким образом, в результате выполненных исследований доказана необходимость применения периодической принудительной вентиляции служебных и технологических подземных помещений метрополитена. При

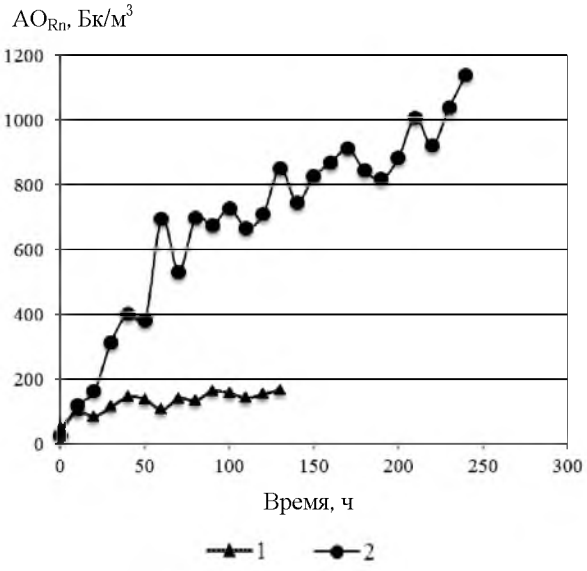


Рис.1. Динамика $АО_{Rn}$ в исследуемом подземном сооружении

1 – зимний период; 2 – летний период

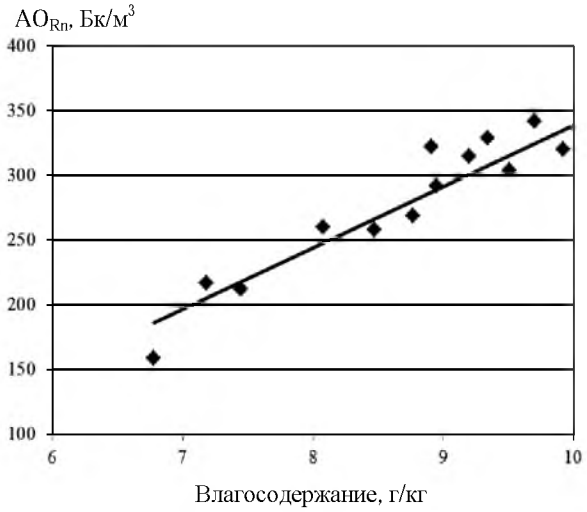


Рис.2. Зависимость $АО_{Rn}$ от влагосодержания воздуха

этом соотношение между последовательными периодами принудительной вентиляции определяется потоком радона, поступающего в помещение. Значение последнего зависит от уровня радоноопасности района, где расположен рассматриваемый участок метрополитена.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев В.Б.* Исследование процессов накопления радона в подземных помещениях метрополитена /

В.Б.Алексеев, В.В.Смирнов // АНРИ. 1996/97. № 3(9). С.85-88.

2. *Бердников П.В.* Изучение радоноопасности территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области / П.В.Бердников, А.В.Горький // АНРИ. 2008. № 2(53). С.56-59.

3. Карта прогнозной радоноопасности Санкт-Петербурга. Http: // www. gov. spb. ru / gov / admin / otrasl / ecology / maps / scheme_radon.

4. НРБ-99/2009. Нормы радиационной безопасности (СанПиН 2.6.1.2523-09). Екатеринбург: УралЮрИздат, 2009. 234 с.

5. Районирование территории России по степени радоноопасности / В.А.Максимовский, М.Г.Харламов, А.В.Мальцев, И.А.Лучин, А.А.Смыслов // АНРИ. 1996/97. № 3(9). С.66-73.

REFERENCES

1. *Alekseev V.B., Smirnov V.V.* Research of radon accumulation processes in underground rooms of the subway // ANRI. 1996/97. N 3(9). P.85-88.

2. *Berdnikov P.V., Gorkij A.V.* Observation of the Saint Petersburg and Leningrad region territory dangerradon // ANRI. 2008. N 2(53). P.56-59.

3. Map of prognosticdangerradon of Saint Petersburg. Http: // www. gov. spb. ru / gov / admin / otrasl / ecology / maps / scheme_radon.

4. NRB-99/2009. Radiation standards. (SanPiN 2.6.1.2523-09). Ekaterinburg: UralJrIzdat, 2009. 234 p.

5. *Maksimovskij V.A., Harlamov M.G., Malchev A.V., Smuslov A.A.,* Zonation of the Russia territory on danger radon // ANRI. 1996/97. N 3 (9). P.66-73.