

УДК 699.887.3

**СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОПАСНОСТИ
РАДОНОПОСТУПЛЕНИЯ ИЗ ГРУНТОВ В ВОЗДУХ ПОМЕЩЕНИЙ
ЗДАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ Г. ДНЕПРОПЕТРОВСКА**

*А.П. Приходько, к.т.н., проф., А.С. Беликов, д.т.н., проф.,
О.С. Гупало, инж., В.А. Шаломов к.т.н., доц.*

*Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры,
г. Днепропетровск*

Актуальность. Из множества антропогенных источников опасностей окружающей среды, определяющих условия жизнедеятельности человека наибольшую опасность несут в силу высокой радиационной токсичности, постоянного характера воздействия, отсутствия у человека получения информации о их наличии с помощью органов ощущения, проявлением последствий воздействия на организм через длительный скрытый период (годы, десятилетия). Доминируют по вкладу в суммарную эффективную дозу облучения источники ионизирующего излучения (ИИИ) строительного производства (радионуклиды в строительных материалах ограждающих конструкций и в подстилающих грунтах под зданиями), которые и определяют внешнюю и внутреннюю составляющие эффективной дозы облучения в помещениях зданиях.

Цель работы. Внутреннее облучение человека обусловлено поступлением радионуклидов в организм вместе с воздухом, водой пищей. Наибольший вклад в величину внутренней составляющей дозы вносит радон-222, который является продуктом распада радия-226, содержащегося во всех сферах окружающей среды. Радон-222 представляет тяжелый инертный радиоактивный газ, который не имеет цвета, запаха и вкуса, обладает высокой радиационной токсичностью (его распад сопровождается 100% альфа-излучением).

Величина внутренней составляющей дозы зависит, в первую очередь, от содержания в источниках радиоактивного газа радона-222, поступающего в воздух помещений из подстилающего грунта и строительных материалов ограждающих конструкций здания [1-3].

Наиболее трудной задачей является определение радонопоступления из грунта, дающего до 70% вклада в величину суммарного поступления газа из источников (грунт, ограждающие конструкции, природный газ, вода, атмосферный воздух) из-за малого уровня информации о физико-механических и радиационных параметрах источника.

Основное содержание. Образование радона-222 при распаде радия-226, содержащегося в ионизирующих источниках строительного производства (подстилающий грунт под зданием и строительные материалы ограждающих конструкций) включает процесс эманации - образование радона при распаде радия-226 и поступление его в поры материала источника и диффузионный процесс поступления радона по порам источника в воздух помещений здания оцениваемых величиной скорости эксхалации поступления радона из источников $q_{\text{эксх}}$, Бк/м²хс:

$$q_{\text{эксх}}, \text{Бк} / \text{м}^2 \text{хс} = A_{\text{уд.Ра}} \eta \rho \lambda_0 \ell_{\text{диф}} \quad (1)$$

где $A_{\text{уд.Ра}}$ - удельная активность радия-226 в источниках;

η - коэффициент эманации радона, Бк/кг;

ρ - плотность горной породы, кг/м³;

λ_0 - постоянная распада радона, с⁻¹;

$\ell_{\text{диф}}$ - длина диффузии радона в материале источника, м.

Подстилающий грунт под зданием является основным ионизирующим источником строительного производства, определяющим как величину радонопоступления в воздух помещений, так и суммарную эффективную дозу облучения человека в помещениях здания. Определение величины радонопоступления из подстилающих грунтов на территории объекта исследования требует знания:

- геологических структур подстилающих грунтов;
- физико-механических и радиационных параметров грунтов, влияющих на величину их радонопоступления в воздух помещений;
- распределения величины радонопоступления из подстилающих грунтов на территории объекта исследования и оценки их влияния на создаваемую дозовую нагрузку, что позволит установить степень радоноопасности грунтов и определить требования к защитным мероприятиям.

Территория г. Днепропетровска находится на стыке двух различных геологических структур - Украинского кристаллического щита (УКЩ) и Приднепровской низменности. Правобережная часть города размещена на УКЩ, левобережная занимает террасу Приднепровской низменности.

Подвергнутые тектоническим подвижкам и процессам выветривания граниты и гранито-гнейсы в верхней части УКЩ разрушены и образуют кору выветривания, представленную камнем, щебнем и дресвой мощностью от 1,0 до 30,0м. Осадочные породы щита представлены в нижней части - глинами мощностью до 25,0м. Только в долинах рек породы кристаллического щита выходят на земную поверхность. Левобережная часть территории города занимает одну из террас Приднепровской низменности шириной от 2 до 5км, которая тянется вдоль рек Днепра и Самары. Для горных пород вдоль раздела УКЩ и Приднепровской низменности характерно, что, начиная с палеозоя, они испытывают противоположные процессы - поднятия для первого и погружения для низменности. Это ведет к заполнению территории их раздела продуктами разрушения (щебень, дресва).

Разнообразие структур подстилающих грунтов на территории города определяется также тем, что через его территорию проходил раздел между предледниковыми и внеледниковыми зонами, приведший к увеличению мощностей суглинков и супесей.

Величина радонопоступления из подстилающего грунта - скорость эксхалации $q_{\text{эксх.гр}}$, Бк/м²хс, зависит от его радиационных параметров - $A_{\text{уд.Ра.гр}}$, η , $\lambda_{0\text{Рн}}$ и физико-механических параметров - $\rho_{\text{гр}}$, $\rho_{\text{гр}}$, $\ell_{\text{диф.гр}}$.

Определение каждого из указанных параметров грунта производится различными методами (прямых измерений, расчетным путем, использованием

статистических данных и др.) и требует априорной информации о других величинах.

Указанные физико-механические параметры грунтов – ρ , ρ_s , W определяются методом прямых измерений, а плотность сухого грунта ρ_d по расчетному соотношению в ходе проведения обязательных инженерно-геологических работ на земельном участке, отведенном под строительство. Знание величин этих физико-механических параметров грунта позволяет определить его пористость p :

$$p = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s}, \quad (2)$$

где: $\rho_d = \frac{\rho}{1+W}$ - пористость сухого грунта, кг/м³;

ρ_s - плотность частиц грунта, кг/м³;

W – природная влажность грунта (соотношение веса воды в грунте к весу сухого грунта).

Пористость подстилающих грунтов на территории города изменяется в интервале от 0,16 до 0,42 (исключение гранит – 0,016). При этом наибольшей пористостью обладают просадочные лессовые грунты, занимающие значительную часть территории на правом берегу города.

Знание физико-механических параметров подстилающих грунтов на территории города позволяет перейти к решению задачи определения величин их радонопоступления в воздух помещений зданий города.

Радоносодержание подстилающего грунта оценивается величиной эффективной удельной активности радия-226 $A_{удRa}$, Бк/кг.

Концентрация радия-226 на территории Украины варьируется в интервале 59,2-148,4 Бк/кг, что определяет широкий диапазон радоносодержания в горных породах.

Подстилающие грунты на территории г. Днепропетровска с учетом геологических условий его расположения характеризуются разнообразием структур горных пород. Это определяет широкий диапазон варьирования величин их физико-механических и радиационных параметров. Значения этих параметров получены как методом прямых измерений ($A_{удRa}$, ρ), так и расчетным методом, путем использования и обработки накопленного статистического материала (η , $\ell_{диф}$, $Q_{экс.гр.}$).

Скорость эксхалляции радона из подстилающих грунтов на территории г. Днепропетровска изменяется в широком диапазоне от 15,1 до 73,3 мБк/м²с. Полученные результаты измерений скорости эксхалляции радона из подстилающих грунтов показали, что они от расчетных данных отличаются не более чем на 14-18%.

Для полной характеристики радонопоступления из подстилающих грунтов города необходимо знать площади, занимаемые каждым их типовых участков, для принятых уровней градации скорости эксхалляции радона. Результаты расчета $Q_{экс.гр.}$ представлены в табл. 1, на рис. 1.

Анализ результатов исследований радоновых свойств подстилающих грунтов на территории г. Днепропетровска показал, что более чем на 86% территории города скорость эксхалляции радона из них превышает рекомендуемый допустимый уровень 25 мБк/м²с и требует проведения защитных мероприятий.

Таблица 1

Относительные площади типовых участков подстилающих грунтов на территории города с учетом их радоновыделения в воздух помещений здания

Величины	Интервал $\Delta q_{экс.гр.}$, мБк/м ² с					
	16-40	40-48	48-56	56-64	64-72	72-80
Типовой участок	1-6, 9-14, 17-19, 20,21	15, 16, 22-26	27-34, 7, 8, 30, 31	41-43, 47,48	44-46, 49	35-40
S, %	26, 34	10, 8	16, 85	7, 69	22,1	15, 19

Принятие решения на реализацию каждого защитного мероприятия возможно на основе сопоставления получаемой пользы и вреда для общества от его проведения. Это возможно путем использования общих принципов формализации по принятию решений применительно к обеспечению радиационной безопасности объектов строительства. Для реализации принципа оптимизации НРБУ-97 при этом требуется максимально уменьшить ущерб здоровью населения от воздействия данного ИИИ (- ΔY – польза) за счет проведения защитного мероприятия, реализация которого требует определенных затрат (X^i - вред).

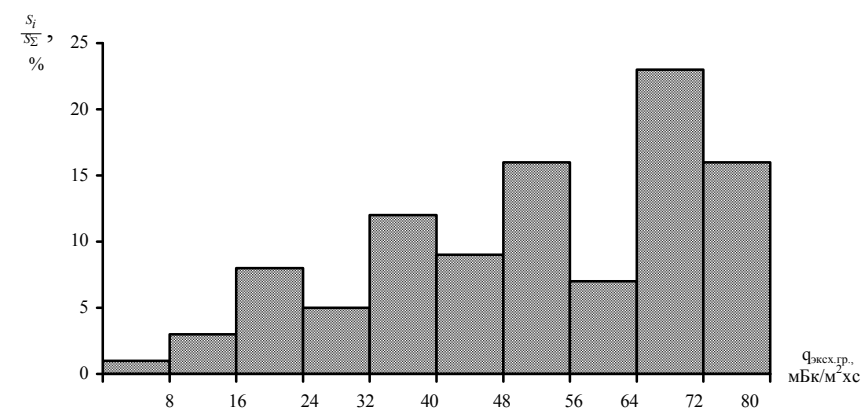


Рис. 1. Относительное распределение радонопоступления из грунтов на территории г. Днепропетровска

Эффективность выполнения защитного мероприятия оценивается соотношением «польза-вред»:

$$-\Delta Y \leq X^j \quad (3)$$

Для получения прямых количественных значений необходимо измерять выражения пользы (-ΔY) и вреда (ΔX^j) в одинаковых единицах. Это возможно, если выражение пользы (-ΔY) представить в виде функции (-ΔY) = f(N_{эф.кол.}, Звхчел, а, грн/Звхчел), где а - денежный эквивалент.

С учетом характера и особенностей ИИИ строительного производства, обладающих малой интенсивностью ионизирующих излучения, когда возникновение детерминированных пороговых эффектов исключено, уменьшение ущерба здоровью -ΔY^j при проведении j-го защитного мероприятия оценивается:

$$-\Delta Y^j = a^j (H_{эф.кол.} - H_{эф.кол.i}^j), \quad (4)$$

где а^j – денежный эквивалент, грн/чел x Зв;
H_{эф.кол.}, H_{эф.кол.i}^j – эффективная коллективная доза и потенциальная при реализации j-го защитного мероприятия, челxЗв.

Значение эффективной коллективной дозы облучения в помещениях здания H_{эф.кол.}, Звхчел, определяется по формуле:

$$H_{эф.кол.} = H_{эф.инд} N, \quad (5)$$

где N – число облучаемых людей, чел.;

Реализация j-го противорадиационного защитного мероприятия считается целесообразным, если выполняется соотношение:

$$X^j < \frac{a^j}{m} t_{эксп} (H_{эф.кол.} - H_{эф.кол.i}^j), \quad (6)$$

где m – масса строительного материала, приходящаяся на одного жителя, т/чел;

t_{эксп} – срок эксплуатации здания, лет.

Затраты на проведение защитных мероприятий считаются оправданными, если выполняется условие [1]:

$$R < \frac{V - P - X}{a}, \quad (7)$$

где V - общая польза от строительного производства;

P - стоимость строительного производства;

X - стоимость реализации защитных мероприятий;

а - денежный эквивалент стоимости единицы коллективной эффективной дозы облучения, грн/челxЗв.

С учетом того, что польза от строительного производства для общества всегда больше стоимости производства (V-P)>0, то денежный эквивалент стоимости единицы коллективной дозы облучения определяется соотношением:

$$a^j = \frac{X^j}{\Delta H_{эф}^j \times N} \quad (8)$$

Денежный эквивалент проведения защитных мероприятий по уменьшению радонопоступления из грунтов определяется соотношением:

$$a_{гр} \frac{грн}{чел \times Зв} = \frac{X_{уд.гр} \times S_{осн}}{\Delta H_{эф.гр}^j \times N_{жил} \times t_{эксп}} \quad (9)$$

где X_{уд.гр} – удельная затрата на защитное мероприятие, грн/м²;
S_{осн} – площадь основания здания, м²;

ΔH_{эф.гр}^j - величина предотвращенной дозы j-м защитным мероприятием
Зв/год;

N_{жил} – число жильцов в доме, чел;

t_{эксп} – срок эксплуатации (жизни) здания, лет.

Эффективным защитным мероприятием по уменьшению радонопоступления из подстилающего грунта под зданием в воздух помещений является установка противорадиационного защитного экрана (ПЗЭ).

Результаты расчета величины денежного эквивалента при установке ПЗЭ из различных материалов для уменьшения радонопоступления из грунта приведены в табл.2.

Таблица 2

Величины денежных эквивалентов по уменьшению радонопоступления из подстилающих грунтов на территории города с помощью защитных экранов

Материал для ПЗЭ	Коэффициент ослабления K _{осл}	Эффективность ПЗЭ ΔH _{эф} ^{защ} , мЗв/год	Стоимость изготовления и установки 1м ² ПЗЭ, грн/м ²	Денежный эквивалент а ^j , грн/Звхчел
Бетон	0,7	0,7-1,5	2400-10800	(3,2-6,7) · 10 ⁴
Полиэтиленовая пленка	0,85	0,9-2,0	100-800	(1,3-4,2) · 10 ³
Технопласт-альфа	0,8	0,9-2,0	6000-11000	(1,3-4,2) · 10 ³

Заключение. С учетом наличия на большей части территории города грунтов с повышенным уровнем радонвыделения обеспечение радиационной безопасности населения можно обеспечить применением защитных мероприятий при проектировании зданий, реконструкции эксплуатируемых на основе анализа социально-экономических показателей эффективности защитных мер.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Нормы радиационной безопасности Украины: НРБУ-97. – К.: отдел полиграфии Украинского центра Госсанэпиднадзора Министерства здравоохранения Украины, 1998.- 134с.
2. Радиационный контроль строительных материалов и объектов строительства: ДБН В.1.4-2.01-97 СРББ. – К.: Держкоммістобудування України, 1997.- (Національні стандарти України).- 78с.
3. Сапожников Ю.А. Радиоактивность окружающей среды / Сапожников Ю.А., Алиев Р.А., Калмыков С.Н.- М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006.- 286с.

УДК 69.059.7:624

СБОРНО-МОНОЛИТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО В УКРАИНЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

*А.Н. Пишичко, д.т.н., профессор, Н.И. Нетеса, д.т.н., профессор,
Д.В. Паланчук, инженер,*

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, г. Днепропетровск

Строительная индустрия сборного домостроения, созданная в 60...90 годы прошлого века, к настоящему времени практически полностью уничтожена. Значительная энергоемкость этого вида строительства, жесткие архитектурно-планировочные решения, сложные проблемы стыков, коррозия закладных деталей, высокая теплопроводность наружных ограждающих конструкций и некоторые другие недостатки заставили отказаться от этого вида строительства в нашей стране. Но интенсивно развивающееся строительство из монолитного железобетона, которое повсеместно широко используется вместо сборного, имеющее существенные преимущества перед кирпичными зданиями, также неэффективно по ряду причин. Прежде всего следует выделить наличие мокрых процессов на строительной площадке, эта проблема особенно усугубляется в зимний период. Несмотря на более свободную планировку в монолитном каркасе по сравнению со сборным железобетонным в панельном и блочном вариантах, шаг колонн без капителей ограничен 4,5 метра и только при толщине перекрытия 20 см может достигать 6 метров. Расход арматуры в перекрытиях превышает 40 кг на квадратный метр. Кроме того высокая трудоемкость, низкий уровень индустриализации, особенно арматурных работ, невозможность применять преднапряженный железобетон, длительные сроки строительства в значительной мере снижают эффективность этого вида строительства.

Компромиссным решением проблемы строительства современных жилых и многих общественных зданий может стать сборно-монолитный каркас. Этот вариант возведения каркаса здания имеет ряд существенных преимуществ как перед монолитными, так и сборными и кирпичными зданиями. Сборно-монолитный каркас за последнее десятилетие начал широко применяться в передовых развитых странах. В Российской Федерации используются разработанные БелНИИСом конструктивные схемы сборно-монолитного каркаса [1]. Его основным преимуществом является применение около 90% сборных элементов от общего объема каркаса здания, но остальные монолитные конструкции обеспечивают монолитность каркаса здания. Применение пустотных преднапряженных плит настила, которые выпускаются по современной непрерывной технологии формования с последующей разрезкой на требуемые размеры, позволяет использовать высоту ригеля равной толщине плит пустотного настила. Вторым основным элементом сборного каркаса здания является колонна, высота которой обычно составляет два-три этажа здания с обнаженным арматурным каркасом в уровне каждого перекрытия. После монтажа колонн плиты перекрытия монтируются на временные опоры и бетонироваться предварительно заармированные ригели совместно с оголенным каркасом колонны. В процессе бетонирования заполняется также часть пустот плит, примыкающих к ригелю, образуя шпонки, которые обеспечивают сочленение сборных пустотных плит с монолитным ригелем. Одновременно бетонироваться также утолщенные швы между плитами. Принципиальная схема такого каркаса представлена на рис 1. Эти мероприятия обеспечивают жесткий монолитный диск каждого перекрытия и каркаса в целом, несмотря на значительный объем сборных элементов в нем.

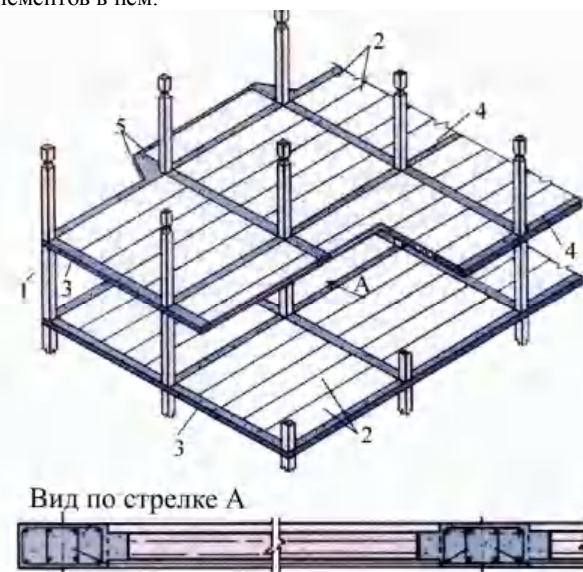


Рис. 1. Принципиальная схема каркаса