7. Fediuk R.S., Yushin A.M. The use of fly ash the thermal power plants in the construction // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 21st International Conference for Students and Young Scientists. 2015.

8. Смоляков А.К., Федюк Р.С. Исследование влажностного режима Приморского края с позиции влияния на строительные конструкции // В сборнике: Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения Материалы Международных академических чтений. Курский государственный университет. 2015. С. 103-108.

9. Fediuk R.S., Khramov D.A. Physical equipment spectroscopic study of coal ash // Современное строительство и архитектура. 2016. № 1 (01). С. 57-60.

10. Шейкин А.Е. Структура и свойства цементных бетонов. – М.: Стройиздат, 1979. – 344 с.

11. Федюк Р.С. Проектирование цементных композитов повышенной непроницаемости // Вестник МГСУ. 2016. № 5. С. 72-81.

Исследование дозовой нагрузки от радона при отоплении сельских домов природным газом на примере села Немюгюнцы Хангаласского района

***Христофорова С.Е., аспирант,
Институт космофизических исследований и астрономии
им. Ю.Г. Шафера СО РАН,
ведущий инженер,
Северо-Восточный федеральный университет, г. Якутск
E-mail: sardanaegorova2606@yandex.ru
Наумова К.А., старший преподаватель,
Северо-Восточный федеральный университет, г. Якутск***

***Научные руководители:
д.ф.-м.н., доцент Степанов В.Е.,
к.ф.-м.н., доцент Тимофеев В.Е.***

Известно, что уран распределен в основном в земной коре и сопровождает углеводородные месторождения, а именно каменный уголь, сланцы, нефть и природный газ. В литературе имеются указания на то, что радон выделяется из природного газа, но нет систематических исследований по измерению радона при отоплении природным газом одноэтажных жилых помещений.

Измерения объемных активностей радона проводились в одноэтажных деревянных домах с газовым отоплением в селе Немюгюнцы, Хангаласского улуса, Республики Саха (Якутия). Эксперимент проводился в жилых домах, использующих котлы типа: КЧМ, АОГВ, КСГ и немецкого Wolf.

В этой статье представлены результаты долговременных измерений объемной активности (ОА) радона в жилых домах с газовым отоплением и расчеты ЭРОА радона для средних значений измерений. Работы велись с помощью немецкого прибора радиометра Alpha Guard PQ2000 [3, стр.326].

ЭРОА радона для неравновесной смеси короткоживущих дочерних продуктов распада в воздухе называется объемная активность радона, находящегося в равновесии

с дочерними продуктами распада, которая имеет такую же величину скрытой энергии, как и данная неравновесная смесь и рассчитывается по следующей формуле [5, стр.15]:

$$\text{ЭРОА}_{\text{Rn}} = \text{ОА}_{\text{Rn}} \cdot F, \quad (1)$$

где ОА_{Rn} – объемная активность радона, F – коэффициент равновесия между радоном и продуктами его распада, который может принимать значения от 0 до 1. При отсутствии экспериментальных данных о среднем значении этого коэффициента принимают $F=0,5$.

При проектировании новых зданий жилищного назначения должно быть предусмотрено, чтобы ЭРОА дочерних продуктов радона в воздухе помещений не превышала 100 Бк/м³, а в эксплуатируемых жилых зданиях – 200 Бк/м³ [2, стр.6].

Первые измерения объемной активности радона-222 проводились в ноябре 2012-го года в жилых помещениях №1 и №2. Измерение проводилось около газового котла.

2012-2014 гг. измерения проводились на универсальном котле КЧМ-5, а с 2015 года на газовом котле КСГ-12,5 в жилом помещении №1. Данные проведенных измерений показаны в таблице 1.

Таблица 1

Результаты измерений радона на газовых котлах КЧМ-5, КСГ-12,5

Год	Тип газового котла	ОА ²²² Rn, Бк/м ³	ЭРОА ²²² Rn, Бк/м ³	Температура, °С	Давление, мбар	Влажность, %
2012	КЧМ-5	max:=95±29 min:=17±8	47,5±14,5 8,5±4	max:=22 min:=20	max:=999,0 min:=998,7	max:=15 min:=12
2013	КЧМ-5	max:=80±25 min:=29±11	40±12,5 14,5±5,5	max:=21 min:=20	max:=1000,0 min:=999,8	max:=15 min:=14
2014	КЧМ-5	max:=75±23 min:=17±8	37,5±11,5 8,5±4	max:=20,8 min:=19	max:=1001,5 min:=1000,2	max:=16 min:=12
2015	КСГ-12,5	max:=47±16 min:=13±7	23,5±8 6,5±3,5	max:=21 min:=20	max:=1002 min:=1001,2	max:=15 min:=13
2016	КСГ-12,5	max:=47±16 min:=7±5	23,5±8 3,5±2,5	max:=21,5 min:=20,5	max:= 1000,1 min:= 998,5	max:=17,1 min:=12,4

За время наблюдений при использовании универсального котла КЧМ-5 были получены результаты объемной активности радона почти в два раза выше, чем при газовом котле КСГ-12,5.

В 2012-2016 гг. измерения проводились на универсальном котле АОГВ в жилом помещении №2. Данные проведенных измерений показаны в таблице 2.

Таблица 2

Результаты измерений радона на газовом котле АОГВ

Год	Тип газового котла	ОА ²²² Rn, Бк/м ³	ЭРОА ²²² Rn, Бк/м ³	Температура, °С	Давление, мбар	Влажность, %
2012	АОГВ	max:=150±46 min:=66±21	75±23 33±10,5	max:=21 min:=20	max:=999,1 min:=998	max:=15 min:=14
2013	АОГВ	max:=66±21 min:=25±10	33±10,5 12,5±5	max:=22 min:=20	max:=1000,1 min:=999,5	max:=16 min:=14,5
2014	АОГВ	max:=229±53	114,5±26,5	max:=21	max:=1001,1	max:=16

		min:=37±13	18,5±6,5	min:=20,8	min:=999,8	min:=15
2015	АОГВ	max:=197±51 min:=37±13	98,5±25,5 18,5±6,5	max:=21,2 min:=20,5	max:=999,8 min:=998,7	max:=14 min:=13,8
2016	АОГВ	max:=117±32 min:=18±8	58,5±16 9±4	max:=21,5 min:=11,4	max:=1011,4 min:=1011,1	max:=12 min:=11

Из наблюдений видно, что ЭРОА радона находится на уровне предельно допустимой концентрации радона для новых зданий, и ниже ПДК для эксплуатируемых зданий. Причиной кратковременных значений по объемной активности высоких содержаний радона в домах, обусловленных использованием природного газа, могут быть следующие факторы:

1. Тип газовых котлов, низкий КПД котла приводит к увеличению объемов потребляемого газа, что связано с соответствующим увеличением содержания радона в помещении.
2. Теплоизоляция дома, большие утечки тепла приводят к увеличению объемов потребляемого газа.

С 2012 года измерения проводились в жилом помещении №3 с немецким газовым котлом Wolf. Данные проведенных измерений показаны в таблице 3.

Таблица 3

Результаты измерений радона на газовом котле Wolf

Год	Тип газового котла	ОА ^{222}Rn , Бк/м ³	ЭРОА ^{222}Rn , Бк/м ³	Температура, °С	Давление, мбар	Влажность, %
2012	Wolf	max:=126±36 min:=66±21	63±18 33±10,5	max:=21 min:=20,8	max:=1010,0 min:=1009,2	max:=16 min:=15
2013	Wolf	max:=56±20 min:=29±11	28±10 14,5±5,5	max:=20,9 min:=20,5	max:=999,3 min:=998,2	max:=15 min:=14,5
2014	Wolf	max:=79±24 min:=33±13	39,5±12 16,5±6,5	max:=21 min:=20,6	max:=1002,3 min:=999,3	max:=15 min:=14,2
2015	Wolf	max:=85±26 min:=29±11	42,5±13 14,5±5,5	max:=20,9 min:=20,3	max:=1000,6 min:=999,3	max:=16 min:=15,3
2016	Wolf	max:=95±29 min:=22±9	47,5±14,5 11±4,5	max:=21,1 min:=30,1	max:=1002,3 min:=1001,5	max:=12 min:=10

По результатам наблюдений видно, что ЭРОА радона не превышает предельную допустимую концентрацию.

В 2015 году также были дополнительно измерены на объемную активность радона 5 жилых помещений с газовым отоплением. Данные проведенных измерений показаны в таблице 4.

Таблица 4

Результаты измерений ОА радона

Тип газового котла	ОА ^{222}Rn , Бк/м ³	ЭРОА ^{222}Rn , Бк/м ³	Температура, °С	Давление, мбар	Влажность, %
КЧМ-5	max:=98±30 min:=18±8	49±15 9±4	max:=26 min:=23	max:=1008,4 min:=1008,1	max:=18 min:=7,4
АОГВ	max:=85±26 min:=18±8	42,5±13 9±4	max:=23,6 min:=14,6	max:=1013,1 min:=1012,9	max:=6 min:=1,7
КЧМ-5	max:=88±26 min:=22±9	44±13 11±4,5	max:=19,3 min:=8,2	max:=1006,4 min:=1004,4	max:=10 min:=8
КСГ-12,5	max:=24±9 min:=5±4	12±4,5 2,5±2	max:= 23 min:= 21	max:=1010,2 min:=1001,3	max:= 20 min:= 16
КСГ-12,5	max:=35±13 min:=25±10	17,5±6,5 12,5±5	max:=24 min:=21	max:=1010,5 min:=1008,3	max:=23 min:=15

За 5 лет наблюдений видно, что объемная активность радона универсального котла в жилых помещениях с газовыми отоплениями выше, тем самым отрицательно влияет на здоровье человека.

Значение индивидуальной годовой эффективной дозы внутреннего облучения взрослых жителей населенного пункта (района и т.п.) за счет короткоживущих дочерних продуктов изотопов радона в воздухе рассчитывается по данным измерений ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений и атмосферном воздухе на территории населенного пункта (района и т.п.) по формуле [3, стр.11]:

$$E_{\text{вн, Rn}} = 9,5 \cdot 10^{-6} \cdot 8760 \cdot (0,2 \cdot \text{ЭРОА}_{\text{ул}} + 0,8 \cdot \text{ЭРОА}_{\text{здан}}), \text{ мЗв/год}, \quad (2)$$

где $9,5 \cdot 10^{-6}$ – дозовый коэффициент (в единицах (мЗв·м³)/(час·Бк)); 8760 – количество часов в году; 0,2 и 0,8 – доля времени нахождения людей в помещениях и на улице соответственно; если для атмосферного воздуха на территории данного населенного пункта (района и т.п.) данные о значениях ЭРОА_{ул} отсутствуют, то для расчетов доз облучения населения за счет этого фактора следует принимать ЭРОА_{ул} = 6,5 Бк/м³ в соответствии с данными о среднемировых значениях ЭРОА изотопов радона в приземном слое атмосферного воздуха.

В радиационной гигиене принято рассчитывать дозы по максимально возможным вариантам в реальных жизненных условиях. Поэтому из таблиц расчеты делаем для максимальных объемных концентраций радона.

Для каждого вида котла по формуле (2) были рассчитаны дозовые нагрузки. Результаты вычислений приведены в таблице 5.

Таблица 5

Дозовые нагрузки от радона от разных типов котлов

Типы газовых котлов	ОА ^{222}Rn , Бк/м ³ (макс. знач.)	ЭРОА ^{222}Rn , Бк/м ³	Е _{вн, Рп} , мЗв/год	Отношение Е _{вн} к ДГЭД
КЧМ-5	98±30	49±15	3,37	0,337
КСГ-12,5	47±16	23,5±8	1,67	0,167
АОГВ	229±53	114,5±26,5	7,73	0,773
Wolf	126±36	63±18	4,3	0,43

Наибольший результат был получен в жилом помещении с российским универсальным газовым котлом АОГВ: 7,73 мЗв/год. А наименьший в помещении с газовым котлом КСГ-12,5: 1,67 мЗв/год. Во всех исследованных домах и в среднем дозовая нагрузка на людей меньше допустимой годовой эффективной дозы (ДГЭД) равной 10 мЗв/год [1, стр.29].

Установлено, что потребление природного газа для отопления жилых помещений в отдельных случаях, обусловленных типом котлов и характеристиками теплоизоляции домов, может привести к превышению ПДК для строящихся домов (100 Бк/м³).

При условии достаточной теплоизоляции стен и использования экономных газовых котлов уровень активности радона можно снизить в несколько раз по сравнению с ПДК.

Необходимы системные комплексные исследования дозовых нагрузок на население от радона при газификации сельских районов в Якутии для различных типов газовых отопительных котлов и теплоизоляционных показателей зданий.

Рекомендуется для отопления жилых домов природным газом строить отдельные котельные для отопительных котлов. Рекомендуются газовые плиты для приготовления пищи размещать в отдельной вентилируемой комнате для кухни.

Список литературы:

1. Лекомте Ж.-Ф., Соломон С., Дж. Такала, Т. Юнг, П. Странд, К. Мюрит, С. Киселев, В. Жуо, Ф. Шеннон, А. Янсенс. Радиологическая защита от облучения радоном / под. Ред. М.В.Жуковского, И.В. Ярмошенко, С.М. Киселева // Перевод публикации 126 МКРЗ. Москва: Изд-во «ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России», 2015. – 92 с.
2. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): СанПиН 2.6.1.2523-09 - 2009.
3. Оценка индивидуальных эффективных доз облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения / Методические указания МУК 2.6.1.1088-02 // Минздрав России, Москва, 2002.
4. Современные проблемы физики и технологий. V-я Международная молодежная научная школа-конференция, 18-23 апреля 2016 г.: Тезисы докладов. Часть 2. М.: НИЯУ МИФИ, 2016.- 372 с.

5. Яковлева В.С. Методы измерения плотности потока радона и торона с поверхности пористых материалов: монография / В.С.Яковлева; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 174 с.

**Расчет усиления железобетонного моста композитными материалами
совместно с полимерной пропиткой**

*Хрюкин А.А., магистрант,
Северо-Восточный федеральный университет,
г. Якутск
E-mail: hr-art@mail.ru*

*Научный руководитель:
старший преподаватель Смолина М.В.*

Введение. Мосты являются важнейшими элементами транспортной инфраструктуры страны, и повышение их надежности стоит одной из основных задач эксплуатации дорожной сети.

Мосты подвержены различным воздействиям: выщелачиванию бетона, образованию трещин и сколов бетона, коррозии металла, деформации и разрушению элементов от проходящего транспорта, которые постепенно снижают прочность и эксплуатационную надежность мостов. Происходит физический износ, ограничивающий срок их службы. Кроме физического износа, происходит моральное отставание мостов от возрастающих требований транспорта в связи с увеличением нормативных расчетных нагрузок и скоростей движения. [1]

На сегодняшний день многие пролетные строения железобетонных мостов, ввиду длительных сроков и суровых условий эксплуатации, имеют дефекты и повреждения, прямо или косвенно влияющие на их грузоподъемность. [2] В виду этого возникает острая необходимость в усилении мостов.

В практике усиления железобетонных мостов известен ряд традиционных методов, таких как усиление шпренгельными тяжами, увеличение поперечного сечения и др. Однако в настоящее время широко используется технология усиления с применением не подверженных коррозии композитных материалов на основе углеродных волокон. Их использование при усилении позволяет увеличить несущую способность главных балок пролетного строения. [3] Но грузоподъемность моста зависит не только от несущей способности главных балок пролетного строения, но и от прочности плиты проезжей части. Плита проезжей части представляет собой конструкцию из главных балок, объединённых между собой швами омоноличивания. Данные швы являются наиболее слабым звеном в пролетном строении. Вода, проникающая сквозь нарушенную гидроизоляцию подвергает выщелачиванию и деградации бетона швов, тем самым уменьшая их прочность.

Вследствие этого актуальным вопросом является проектирование комплексного усиления железобетонных мостов, включающего в себя увеличение несущей способности главных балок пролетного строения и восстановление прочности бетона швов омоноличивания плиты проезжей части.