

## Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	PIHИ (Russia) = 0.179	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

## International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2016 Issue: 3 Volume: 35

Published: 30.03.2016 <http://T-Science.org>

**Leonid Alexandrovich Chunihin**

Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor  
Gomel State Medical University

**Artur Leonidovich Chehovskii**

Graduate student  
Gomel State University named Skaryna  
[chehovskii@mail.ru](mailto:chehovskii@mail.ru)

**Denis Nikolaevich Drozdov**

Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor  
Gomel State University named Skaryna

SECTION 11. Biology. Ecology. Veterinary.

## METHODS OF EVALUATION OF RADON DANGER AREA AND THE IDENTIFICATION OF CRITICAL ZONES RADON HAZARD

**Abstract:** This paper describes an integrated methodological approach for the evaluation of radon hazard area and the search for the critical zones of radon. It presents a complex radon index of the territory, which take into account a number of fundamental ecological and geological factors; transition from complex radon index in volume activity of radon; calculation of the 99th percentile of radon volumetric activity in the locality, it is necessary to determine the affiliation of the locality to the critical area of radon.

**Key words:** radon, radon complex index volume activity, critical radon zone.

**Language:** Russian

**Citation:** Chunihin LA, Chehovskii AL, Drozdov DN (2016) METHODS OF EVALUATION OF RADON DANGER AREA AND THE IDENTIFICATION OF CRITICAL ZONES RADON HAZARD. ISJ Theoretical & Applied Science, 03 (35): 107-112.

**Soi:** <http://s-o-i.org/1.1/TAS-03-35-18> **Doi:**  <http://dx.doi.org/10.15863/TAS.2016.03.35.18>

### МЕТОДИКА ПО ОЦЕНКЕ РАДОНОВОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЮ КРИТИЧЕСКИХ ЗОН РАДОНООПАСНОСТИ

**Аннотация:** В статье описан комплексный методический подход по оценке радоновой опасности территории и поиску критических зон радоноопасности. Представлен комплексный радоновый показатель территории, который учитывает ряд фундаментальных экологических и геологических факторов; переход от комплексного радонового показателя к объемной активности радона; расчет 99-ого перцентиля объемной активности радона в населенном пункте, что необходимо для определения принадлежности населенного пункта к критической зоне радоноопасности.

**Ключевые слова:** радона, комплексный радоновый показатель, объемная активность, критические зоны радоноопасности.

#### Введение

Проблема радиоактивного газа радона является важной проблемой биологии, экологии и радиационной медицины, непосредственно касающейся населения многих регионов мира, в том числе и Беларуси.

Радон – благородный радиоактивный газ, тяжелее воздуха, не имеющий вкуса, цвета и запаха, образующийся в радиоактивной цепочке в процессе распада естественных радионуклидов семейств урана и тория. Согласно оценке НКДАР ООН, радон и его дочерние продукты определяют примерно 2/3 годовой индивидуальной эффективной дозы облучения, получаемой населением от земных источников радиации, и примерно половину дозы от всех источников радиации [1]. Наиболее значимым и

распространенным дозовым фактором является воздействие радона, содержащегося в воздухе помещений. Радон, являясь компонентом воздуха, попадает в легкие человека при дыхании. По данным Всемирной организации здравоохранения, воздействие радона повышает риск возникновения и развития рака легкого [2], вследствие воздействия высокоэнергетического  $\alpha$ -излучения при распаде радона на высокочувствительные клетки дыхательной системы. По оценкам экспертов МКРЗ облучение населения за счет радона обуславливает до 15 % общего количества заболеваний раком легких [3].

Принципиально новые подходы к оценке радоновой опасности и радиационной защите от радона и его дочерних продуктов распада (ДПР) были показаны в Публикации № 65 МКРЗ [4].



## Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.179	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

Одним из основных тезисов данной публикации является необходимость введение понятия и критериев для оценки радоноопасных зон, что является очень важным в случаях недостатка ресурсов для проведения полномасштабных исследований, как, например, в Беларуси. К критическим зонам, согласно [4], относят территории, на которых 1% помещений имеет десятикратное превышение среднереспубликанского значения объемной активности (ОА) радона.

Главным источником поступления радона в атмосферу являются почва, грунтовые породы и грунтовые воды [5]. Процесс выделения радона в основном связан с его диффузией из структурных частиц породы и зависит от большого количества факторов. Точное определение концентрации радона в помещениях зданий требует существенных денежно-временных затрат. Учитывая это, можно провести оценку радоноопасности территории с использованием экологических и геологических показателей, определяющих концентрации радона и выделить критические зоны радоноопасности без проведения длительных и дорогостоящих исследований.

**Целью** настоящей работы являлась разработка комплексного методического подхода по оценки радоновой опасности территории с использованием косвенных показателей радона.

### Материалы и методика исследований

*Исходные данные для определения комплексного радонового показателя (КРП).* Если принять, что в сельских населенных пунктах (НП) преобладают одноэтажные деревянные строения с простыми фундаментами и деревянными полами, то можно считать, что поступление радона в помещение определяется, в основном, свойствами подстилающих пород. Исходя из этого, для оценки радоновой обстановки и поиска критических зон радоноопасности можно предложить величину, равную произведению значений показателей (в относительных величинах), влияющих на ОА радона, которые представляют собой КРП территории. Обоснование применения таких показателей и концепция КРП приводится в работах [6, 7].

Одним из важнейших факторов, связанных с ОА радона является запас урана в почвах и породах. Принимая во внимание, что уран является материнской породой для образования радона – концентрации урана в почвах будут определять содержание радона и как следствие его ОА. Для исследований использовалась геологическая картосхема Республики Беларусь, на которой показано содержание урана в почвах [8].

Следующим показателем, определяющим ОА радона, является мощность экспозиционной дозы. Учитывая, что гамма-фон на местности определяется, в основном, радионуклидами 3-х естественных радиоактивных рядов уранов и тория, а также калия-40 (мощность дозы от которого принята постоянной) – колебания МЭД определяется концентрацией естественных радионуклидов в почвах. Таким образом, МЭД может опосредованно указывать на наличие радона. Чтобы исключить влияние искусственных радионуклидов, выпавших на территории Беларуси после аварии на Чернобыльской АЭС, в исследованиях использовались дочернобыльские карты МЭД [9, 10].

Необходимо также учитывать, что эксхалация радона зависит от проницаемости почвы, которая в свою очередь, в большей степени, зависит от коэффициента фильтрации радона в грунтах [11]. Исходя из того факта, что период полураспада  $^{222}\text{Rn}$  составляет около 3,8 суток, скорость его прохождения через слой почвы имеет важное значение, и обуславливает конечную ОА радона в помещениях зданий. Для определения коэффициента фильтрации использовалась карта четвертичных отложений Республики Беларусь [12].

Также, важным фактором, определяющим концентрации радона, является уровень залегания первого от поверхности водоносного горизонта. При уровне в 1-2 м от поверхности – почвенный радон почти полностью поглощается, а при уровне более 10 м – весь выделенный радон остается в почвенном воздухе [13]. Значения глубины залегания первого водоносного горизонта были получены по гидрогеологической карте Республики Беларусь [14].

*Исходные данные для определения ОА радона и критических зон радоноопасности по косвенным показателям радона.* Для определения связи ОА радона и КРП, а также составления эталонного распределения значений ОА радона в НП для определения 99-ого перцентиля, были использованы результаты прямых измерений среднегодовых значений ОА радона в жилых помещениях НП Республики Беларусь за период 2004-2015 гг., проведенные специалистами ГНУ «ОИЭиЯИ-Сосны» НАН РБ [15, 16]. Исследования были выполнены по методике, позволяющей проводить мониторинг радона: «Методики определения объемной активности радона в воздухе жилых и производственных помещений с использованием интегральных радонметров на основе твердотельных трековых детекторов альфа-частиц» (МВИ. МН. 1808-2002) [17].

## Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.179	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

### Результаты исследований и их обсуждение

*Определение значений косвенных показателей, оказывающих влияние на ОА радона в помещениях зданий.* Степень радоновой опасности территории выражается через КРП и определяется рядом косвенных показателей, оказывающих влияние на ОА радона в жилых помещениях. К таким факторам относятся: концентрация урана в почвах, проницаемость почв для радона (выражается через коэффициент фильтрации почвы), глубина залегания первого от поверхности водоносного горизонта, мощность дозы дочернобыльского фона.

Значения концентрации урана в почвах определяются по картосхеме [8] согласно географическим координатам НП или другим географическим точкам, в которых производится расчет КРП. Полученные значения концентрации урана нормируются на значение максимального содержания урана в почве  $2,5 \cdot 10^{-4}\%$ , соответствующее глине и принятое за 1. Таким образом, относительное содержание урана в почве определяется по выражению (1):

$$U_{отн} = U_k / U_{макс} \quad (1)$$

где  $U_{отн}$  – относительное содержание урана в почве, отн. ед.;

$U_k$  – значение концентрации урана в почве, определенное по картосхеме,  $\text{п} \cdot 10^{-4}\%$ ;

$U_{макс}$  – максимальное значение урана в почве;

$$U_{макс} = 2,5 \cdot 10^{-4}\%.$$

Значения МЭД дочернобыльского фона определяются по картам [9, 10] согласно географическим координатам НП или другим географическим точкам, в которых производится расчет КРП. Полученные значения МЭД дочернобыльского фона нормируются на значение максимальной МЭД 12 мкР/час, принятое за 1. Таким образом, относительная МЭД дочернобыльского фона определяется по выражению (2):

$$M_{отн} = M_k / M_{макс} \quad (2)$$

где  $M_{отн}$  – относительная МЭД дочернобыльского фона, отн. ед.;

$M_k$  – значение МЭД дочернобыльского фона, определенное по картосхеме, мкР/час;

$M_{макс}$  – максимальное значение МЭД дочернобыльского фона;

$$M_{макс} = 12 \text{ мкР/час}.$$

Значения коэффициента фильтрации почвы для радона определяются по карте [12] согласно географическим координатам НП или другим географическим точкам, в которых производится расчет КРП. Полученные значения коэффициента фильтрации почвы для радона нормируются на значение максимальной фильтрации почвы 30 м/сут, соответствующее песчано-гравийной

смеси и принятое за 1. Таким образом, относительный коэффициент фильтрации почвы для радона определяется по выражению (3):

$$F_{отн} = F_k / F_{макс} \quad (3)$$

где  $F_{отн}$  – относительный коэффициент фильтрации почвы для радона, отн. ед.;

$F_k$  – значение коэффициента фильтрации почвы, определенное по картосхеме, м/сут.;

$F_{макс}$  – максимальное значение коэффициента фильтрации почвы;

$$F_{макс} = 30 \text{ м/сут}.$$

Значения глубины залегания первого от поверхности водоносного горизонта определяются по карте [14] согласно географическим координатам НП или другим географическим точкам, в которых производится расчет КРП. Полученные значения глубины залегания первого от поверхности водоносного горизонта нормируются на значение максимальной глубины залегания 10 м, принятое за 1. Таким образом, относительная глубина залегания первого от поверхности водоносного горизонта определяется по выражению (4):

$$W_{отн} = W_k / W_{макс} \quad (4)$$

где  $W_{отн}$  – относительная глубина залегания первого от поверхности водоносного горизонта, отн. ед.;

$W_k$  – значение глубины залегания первого от поверхности водоносного горизонта, определенное по картосхеме, м;

$W_{макс}$  – максимальное значение глубины залегания первого от поверхности водоносного горизонта;

$$W_{макс} = 10 \text{ м}.$$

Результаты расчетов по формулам (1)-(4) округляются до трех значащих цифр после запятой.

*Расчет комплексного радонового показателя.* Комплексный радоновый показатель, определяющий степень радоновой опасности территории, является произведением значений факторов (в относительных величинах), оказывающих влияние на ОА радона в жилых помещениях. Таким образом, КРП определяется по выражению (5):

$$R = U_{отн} \cdot F_{отн} \cdot W_{отн} \cdot M_{отн} \quad (5)$$

где  $R$  – значение комплексного радонового показателя, отн. ед.;

$U_{отн}$  – относительное содержание урана в почве, отн. ед.;

$F_{отн}$  – относительный коэффициент фильтрации почвы для радона, отн. ед.;

$W_{отн}$  – относительная глубина залегания первого от поверхности водоносного горизонта, отн. ед.;

$M_{отн}$  – относительная МЭД дочернобыльского фона, отн. ед.

## Impact Factor:

<b>ISRA (India)</b> = 1.344	<b>SIS (USA)</b> = 0.912	<b>ICV (Poland)</b> = 6.630
<b>ISI (Dubai, UAE)</b> = 0.829	<b>ПИИЦ (Russia)</b> = 0.179	<b>PIF (India)</b> = 1.940
<b>GIF (Australia)</b> = 0.564	<b>ESJI (KZ)</b> = 1.042	<b>IBI (India)</b> = 4.260
<b>JIF</b> = 1.500	<b>SJIF (Morocco)</b> = 2.031	

Результаты расчетов по формуле (5) округляется до трех значащих цифр после запятой.

Т.о., с помощью экологических и геологических факторов, оказывающих влияние на ОА радона в жилых помещениях, можно определить значения КРП, который указывает на «радоновые» особенности местности и является мерилом степени радоноопасности территории.

*Определение среднегодовых значений ОА радона в жилых помещениях по КРП.*

Учитывая, что КРП представлен факторами, оказывающими влияние на ОА радона, между КРП и ОА радона в жилых помещениях имеется сильная прямая достоверная корреляционная связь. Особенности данной корреляционной связи описаны в [6].

В связи с этим при отсутствии или недостатке данных по измерению ОА радона в жилых помещениях среднегодовые значения ОА радона могут быть рассчитаны с помощью КРП по уравнению линейной регрессии вида (6):

$$OA_{срз} = a + b \cdot KPP \quad (6)$$

где  $OA_{срз}$  – среднегодовые значения ОА радона в жилом помещении, Бк/м<sup>3</sup>;

$a$  и  $b$  – эмпирически полученные коэффициенты связи среднегодовых значений ОА радона в жилом помещении и КРП;

$KPP$  – комплексный радоновый показатель, отн. ед.

Для определения эмпирических коэффициентов  $a$  и  $b$  было построено уравнение линейной регрессионной связи измеренных среднегодовых значений ОА радона в жилых помещениях НП Республики Беларусь, накопленных за период 2004-2015 гг. [15, 16] и КРП. Данное уравнение имеет вид (7):

$$OA_{изм} = 40 + 6200 \cdot KPP \quad (7)$$

где  $OA_{изм}$  – измеренные среднегодовые значения ОА радона в жилых помещениях НП Республики Беларусь, накопленные за период 2004-2015 гг., Бк/м<sup>3</sup>;

$40$  и  $6200$  – значения коэффициентов связи среднегодовых значений ОА радона в жилом помещении и КРП ( $a$  и  $b$  соответственно);

$KPP$  – комплексный радоновый показатель, отн. ед.

Т.о., определив значение КРП территории или НП можно восстановить через уравнение линейной регрессии ожидаемые среднегодовые значения ОА радона в жилых помещениях данной территории или НП.

*Определение 99-ого перцентиля значений ОА радона в НП.* С точки зрения МКРЗ первостепенное значение имеет определение критических зон радоноопасности, где концентрация радона в зданиях ожидается выше, чем типичные значения для страны в целом. Согласно [4]: «радоноопасная зона может быть определена как зона, в которой около 1% жилищ имеют концентрацию радона в 10 раз превышающую среднее национальное значение». Определив значение 99-ого перцентиля ОА радона в НП и сравнив его с десятикратным среднереспубликанским значением ОА радона, можно определить принадлежность данного НП к критической зоне радоноопасности.

Для теоретического определения 99-ого перцентиля значений ОА радона в НП необходимо рассчитать параметры эталонного распределения. Распределения в любых других НП будут подобны эталонному, а их параметры будут пропорционально больше или меньше параметров эталонного.

Для построения эталонного распределения взяты наиболее представительные НП по ряду факторов:

- 1) Количеству измерений в НП (> 20 измерений);
- 2) Охвату территории (все 6 областей Республики Беларусь);
- 3) Значениям КРП (низкие, средние, высокие значения);
- 4) Специфики жилищного фонда (процентное соотношение деревянных, кирпичных, панельных домов и т.д.; одно- и многоэтажных домов и т.д.).

Полученное эталонное распределение среднегодовых значений ОА радона в жилых помещениях НП имеет вид (рисунок 1):

Основные параметры эталонного распределения представлены в таблице 1:

**Таблица 1**

### Основные параметры эталонного распределения:

Среднее арифметическое	Среднее геометрическое	Медиана	Значение 99-ого перцентиля ОА радона
<b>70</b>	<b>55</b>	<b>60</b>	<b>210</b>

## Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.179	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

Согласно эталонному распределению значение 99-ого перцентиля ОА радона в 3 раз больше среднего арифметического значения ОА радона. Учитывая, что распределения в других НП будут подобны эталонному, а их параметры будут пропорционально больше или меньше параметров эталонного распределения, измерив среднее значение по НП или восстановив его по КРП, можно определить значение 99-ого перцентиля ОА радона в любом НП по формуле (8):

$$P_{99} = OA_{срнп} \cdot 3 \quad (8)$$

где  $P_{99}$  – значение 99-ого перцентиля ОА радона в НП, Бк/м<sup>3</sup>;  
 $OA_{срнп}$  – среднее значение ОА радона по НП, Бк/м<sup>3</sup>.

Рассчитав значение 99-ого перцентиля ОА радона в НП необходимо сравнить его с десятикратным среднереспубликанским значением ОА радона. Если значение 99-ого перцентиля превышает десятикратный среднереспубликанский уровень ( $P_{99} > OA_{срРБ} \cdot 10$ ) – НП относится к критической зоне радоноопасности и требует неотложных противорадионовых мероприятий [4].

### Заключение

Описанный комплексный методический подход оценки радоновой опасности территории способствует формированию единого качественного процесса исследования радоновой обстановки.

Определение степени радоноопасности территории по КРП учитывает целый ряд фундаментальных экологических и

геологических факторов, оказывающих влияние на ОА радона, что будет способствовать большей информативности процесса исследования, учитывая ряд радиоэкологических и геологических особенностей местности, а также способствовать более точно оценке ОА радона.

С помощью КРП можно восстановить через уравнение линейной регрессии ожидаемые среднегодовые значения ОА радона в жилых помещениях, что особенно актуально в случае отсутствия или недостатка данных по измерению ОА радона.

Рассчитав значение 99-ого перцентиля ОА радона в НП по предложенному эталонному распределению, и сопоставив его с десятикратным среднереспубликанским значением ОА радона, можно однозначно определить принадлежность НП к критической зоне радоноопасности. По мнению МКРЗ [3, 4] определение географического положения критических зон радоноопасности и составление тематических карт этих территорий является очень важным, т.к. позволяет без проведения дорогостоящих, длительных, широкомасштабных исследований сконцентрировать внимание там, где это наиболее неотложно, при этом действия будут направлены туда, где они более эффективны.

Указанный комплексный подход позволяет повысить уровень радиационной безопасности путем проведения точечных и адекватных противорадионовых мероприятий или изменения подхода к нормированию облучения, а также может быть использован при проведении инженерно-геофизических изысканий, при проектировании и строительстве жилых и общественных зданий.

### References:

1. (1990) Radiaciya. Dozy, ehffekty, risk: per s angl. Yu.A. Bannikova. – Moscow: Mir, 1990. – 79 p.
2. (2005) Radon i rak: informacionnyj byulleten' / №291 – Vsemirnaya organizaciya zdavoohraneniya – Moscow, 2005. – 4 p.
3. (2013) Risk vzniknoveniya raka legkogo pri obluchenii radonom i produktami ego raspada. Zayavlenie po radonu / pod red. M.V. Zhukovskogo, S.M. Kiseleva, A.T. Gubina // Perevod publikacii № 115 MKRZ. – M.: FGBU GNC FMBC im. A.I. Burnazyana FMBA Rossii, 2013. – 92 p.
4. (1995) Zashchita ot radona-222 v zhilyh zdaniyah i na rabochih mestah / Publikaciya № 65 MKRZ. – Moscow: Ehnergoatomizdat, 1995. – 78 p.
5. Bekman IN (2000) Radon: vrag, vrach i pomoshchnik / I.N. Bekman. – Moscow: MGU, 2000. – 205 p.
6. Chehovskii AL (2014) Obosnovanie primeneniya komponentov radonovogo pokazatelya dlya kartirovaniya radonovogo potentsiala / A.L. Chehovskii // Izvestiya Gomel'skogo gosudarstvennogo universiteta



## Impact Factor:

<b>ISRA (India)</b> = 1.344	<b>SIS (USA)</b> = 0.912	<b>ICV (Poland)</b> = 6.630
<b>ISI (Dubai, UAE)</b> = 0.829	<b>PIHII (Russia)</b> = 0.179	<b>PIF (India)</b> = 1.940
<b>GIF (Australia)</b> = 0.564	<b>ESJI (KZ)</b> = 1.042	<b>IBI (India)</b> = 4.260
<b>JIF</b> = 1.500	<b>SJIF (Morocco)</b> = 2.031	

- imeni F. Skoriny. – № 6 (87). – Gomel': GGU im. F. Skoriny, 2014. – pp. 100-106.
7. Chunihin LA (2015) Kartirovanie i ocenka radonovoj obstanovki Gomel'skoj, Mogilevskoj i Vitebskoj oblasti / L.A. Chunihin, A.L. Chehovskii, D.N. Drozdov // Izvestiya Gomel'skogo gosudarstvennogo universiteta imeni F. Skoriny. – № 3 (90). – Gomel': GGU im. F. Skoriny, 2015. – pp. 71-76.
  8. Shagalova ED (1986) Soderzhanie urana-238 v pochvah Belarusi / Eh.D. Shagalova // Pochvovedenie. – Minsk: Institut pochvovedeniya i agrohimii, 1986. – №2. – pp. 140-145.
  9. Belyashov AV (2008) Ocenka gidrogeologicheskikh parametrov po dannym geofizicheskikh issledovanij v skvazhinah: Metodicheskoe rukovodstvo / A.V. Belyashov [i dr.]. – Minsk: Fondy geofizicheskoy ehkspedicii, 2008. – 43 p.
  10. Bulygin BP (1982) Instrukciya po gamma-karotazhu pri massovyh poiskah urana: utv. Min. Geologii SSSR 01.09.81 g. / B.P. Bulygin [i dr.]. – SPb: Ministerstvo Geologii SSSR, 1982. – 101 p.
  11. Adushkin VV (2005) Polyа pochvennogo radona v vostochnoj chasti Baltijskogo shchita / V.V. Adushkin, I.I. Divkov, S.A. Kozhuhov // Dinamicheskie processy v sisteme vnutrennih i vneshnih vzaimodejstvuyushchih geosfer / V.V. Adushkin, I.I. Divkov, S.A. Kozhuhov. – M.: Geos, 2005. – pp. 173-178.
  12. Karabanov AK (2009) Impact of geological structures of Belarus on Radon Concentration in Air Workshop on Natural Radiation and Radon / Seminar on Radon, Stockholm, SSM, 25-27 January, 2009.
  13. (2008) Vypolnenie kompleksnoj geofizicheskoy s"emki na ploshchadke vozmozhnogo razmeshcheniya AEHS i prognoz migracii radionuklidov s podzemnymi vodami (Shklovsko-Goreckij punkt, Kukshinovskaya ploshchadka): Otchet o NIR (zakl.) / Bel. geofiz. ehksped; ruk. temy A.V. Gavrilov. – Minsk, 2008. – 257 p.
  14. Bogomolov GV (1963) Hidrogeologicheskaya karta chetvertichnyh otlozhenij Belorusskoj SSR / G.V. Bogomolov [i dr.]. – Minsk, 1963.
  15. (2008) Otchet o NIR (zakl.) / Ob"edinennyj Institut ehnergeticheskikh i yadernykh issledovanij; ruk. O.I. Yaroshevich. – Minsk; Gomel'skij oblastnoj Centr gigieny, ehpidemiologii i obshchestvennogo zdorov'ya; ruk. V.N. Bortnovskij. – Gomel'; 2008. – 170 p.
  16. Karabanov AK (2015) Radon i dochernie produkty ego raspada v vozduhe zdanij na territorii Belarusi / A.K. Karabanov, L.A. Chunihin, A.L. Chehovskii, D.N. Drozdov, O.Ya. Yaroshevich, I.V. Zhuk, M.V. Konopel'ko, A.V. Matveev // Prirodopol'zovanie. – Vyp. 27. – Minsk: Institut prirodopol'zovaniya NAN Belarusi, 2015. – pp. 49-53.
  17. (2002) Metodika opredeleniya ob'emnoj aktivnosti radona v vozduhe zhilyh i proizvodstvennykh pomeshchenij s ispol'zovaniem integral'nykh radonometrov na osnove tverdotel'nykh trekovykh detektorov al'f-chastic. – MVI. MN 1808-2002. – Minsk, 2002. – 18 p.

