



**Радиационно-гигиеническая оценка  
качества источников подземного  
питьевого водоснабжения Московского  
региона**

**Т.Н. ЛАЩЕНОВА, Н.В. КЛОЧКОВА, И.П. КОРЕНКОВ**  
**ФГУП «РАДОН»**  
**[tlaschenova@yandex.ru](mailto:tlaschenova@yandex.ru)**

# Актуальность исследования

**Основным источником питьевого водоснабжения для населения Московской области и единственным резервным для г. Москвы являются пресные подземные воды.**

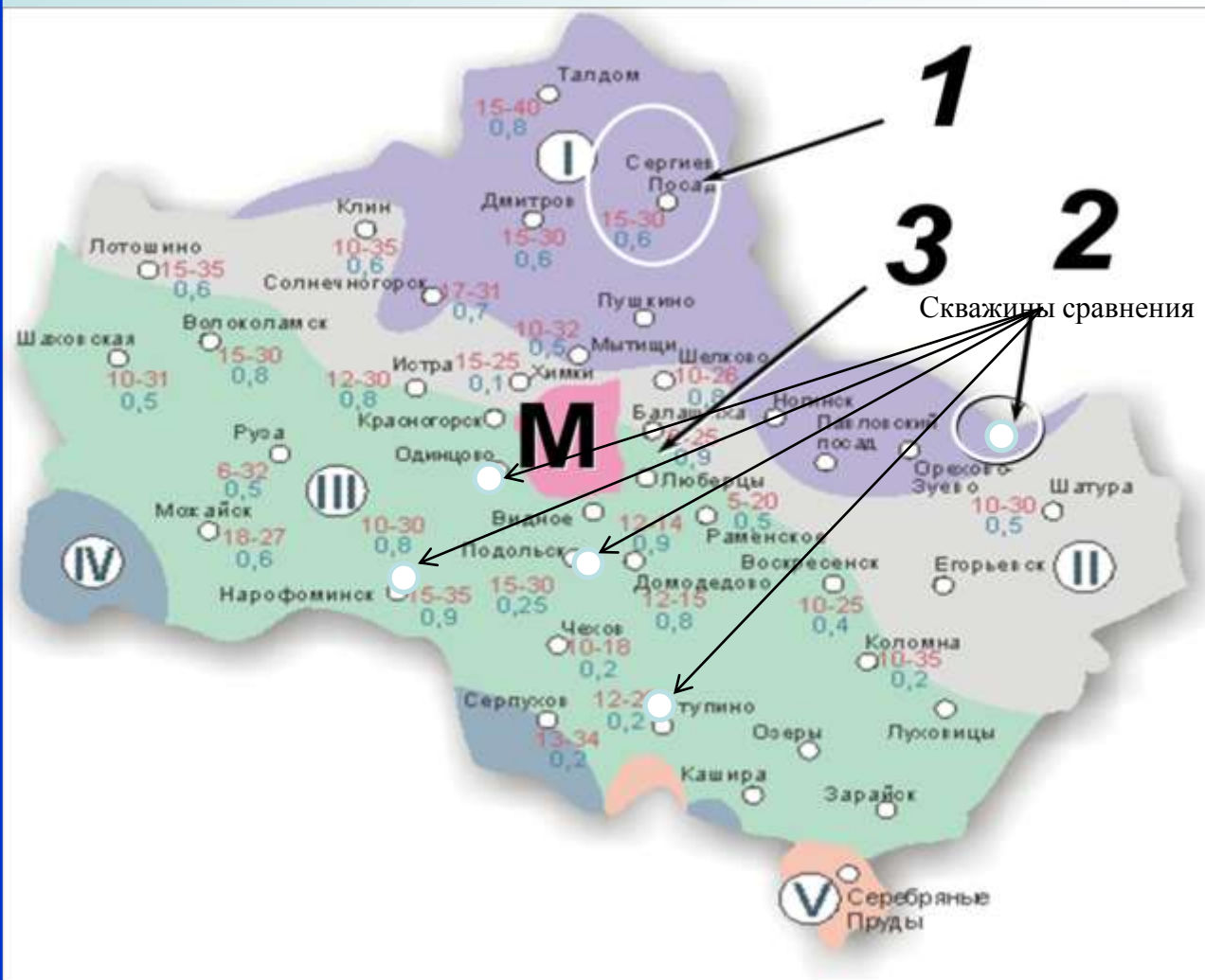
**Комплексного изучения содержания радионуклидов и тяжелых металлов в подземных водах Московского региона не проводилось.**

**Проведение таких исследований является актуальной задачей**

## **Цель исследования**

**Целью работы являлась разработка алгоритма комплексного контроля и оценки качества подземных вод Московского региона по показателям радиационной и химической безопасности для здоровья населения**

# Условная гидрогеологическая схема Московского регис (основные водоносные горизонты) с районами отбора проб артезианской воды



**I район 2 горизонта:**  
Клязьминско-  
Ассельский, местами –  
Касимовский

**II район 2 горизонта:**  
Касимовский и  
Подольско-Мячковский

**III район 2 горизонта:**  
Подольско-Мячковский,  
местами – Каширский

**IV район 2 горизонта:**  
Каширский и Окско-  
Протвинский

**V район:**  
Окско-Протвинский  
горизонт

# Методы исследования проб

✓ Радиационные параметры: гамма-спектрометр фирмы Canberra с полупроводниковым детектором HGe; Бета-альфа спектрометрический анализ проб проводили на жидкосцинтилляционном (ЖС) анализаторе «TRI-CARB 3170 TR/SL» фирмы «Perkin Elmer»; измерение объёмной активности  $^{222}\text{Rn}$  в воде – PPA-01M-01 «Альфарад». Уровни чувствительности: по альфа-излучателям -  $10^{-4}$  Бк/л, по гамма- и бета-излучателям –  $10^{-3}$  Бк/л. Погрешность анализа составила для  $^{238}\text{U}$  – 40%, для  $^{234}\text{U}$  – 60%, для  $^{226}\text{Ra}$  – 25%, для  $^{210}\text{Pb}$  – 20-22%, для  $^{210}\text{Po}$  – 35%,  $^{222}\text{Rn}$  – 30-40%.

✓ Химические параметры: элементный состав – метод MS-ICP приборе Sola фирмы Fennigan MAT, погрешность анализа составляет 5%; анионный состав – методом ионной хроматографии на приборе Metrohm 761 Compact 1C, погрешность измерения составляет 3%.

✓ Статистическая обработка данных проведена посредством программного обеспечения Microsoft Excel и Statistika for Windows, карта распределения содержания  $^{222}\text{Rn}$  (Бк/кг) в гжельско-ассельском горизонте в Сергиево-Посадском районе составлена при помощи программы Surfer 8, результаты измерения удельной активности  $^{222}\text{Rn}$  в родниковой воде, количества выпавших осадков, температуры и влажности окружающей среды обработаны методом квадратной матрицы и решены с применением метода Крамера.

# Объем исследований

Отбор проб воды из скважин производился поквартально в период 2008-2011 гг.

Определяемые параметры	Количество исследованных проб
Тяжелые металлы	1872
Анионный состав	550
Содержание $^{222}\text{Rn}$	600
Радионуклидный состав воды ( $\Sigma\alpha, \beta,$ $^{238}\text{U}, ^{234}\text{U}, ^{226}\text{Ra}, ^{228}\text{Ra}, ^{232}\text{Th},$ $^{137}\text{Cs}, ^{90}\text{Sr}$ )	1920
<b>ИТОГО:</b>	<b>4942</b>

## Комплексная радиационно-гигиеническая оценка

Анализ проб подземной воды провели по обобщенным показателям и содержанию химических элементов, наиболее часто встречающихся в природных водах РФ

❖ Al, Ba, Be, Fe, Cd, Mn, Cu, Mo, As, Ni, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Hg, Pb, Se, Sr, Cr, Zn, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, F<sup>-</sup>

по расширенному составу, с определением таких элементов,

❖ Tl, Li, V, Co, Rb, Ag, Sb, Te, Bi, Na, Zr, Sn, Cs, Th, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>;

### Радионуклидный состав

❖ <sup>238</sup>U, <sup>234</sup>U, <sup>226</sup>Ra, <sup>222</sup>Rn, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Po, <sup>232+228</sup>Th, <sup>230</sup>Th, <sup>228</sup>Ra, <sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr, A<sub>α</sub>, A<sub>β</sub>;

# Классификация подземной воды Московского региона по повторяемости случаев загрязненности и кратности превышения ПДК

Места отбора	* <sup>2</sup> Элементы-загрязнители	* <sup>2</sup> Характеристика загрязненности воды по повторяемости случаев превышения ПДК	* <sup>2</sup> Характеристика уровня загрязненности и по частному оценочному баллу кратности превышения ПДК	* <sup>1</sup> БКП <sub>сумм</sub>
Центр региона	<b>Li</b> , Mn, <b>Fe</b> , F, <b>Al</b> <b>Pb</b> , Sr, <b>Cd</b> , <b>Ni</b>	от единичная до характерная	от низкий до средний	1,2-7,5
Север региона	<b>Li</b> , Mn, <b>Fe</b> , F, Al, Ni, <b>Pb</b> , Sr, <b>Ni</b>	от единичная до характерная	от низкий до высокий	0,5-10,5
Скважины сравнения	Li, Fe, F, Al, <b>Pb</b> , Cd, F, <b>Fe</b> , <b>Ni</b>	от неустойчивой до характерной	от низкий до средний	1,8 - 7,2

\* БКП<sub>сумм</sub> – суммарные баллы кратности превышения ПДК для элементов, нормируемых по 1 и 2 классу санитарно-токсикологического признака вредности; \*<sup>2</sup> -РД 52.24.643-2002. «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям»





# Радиационно-гигиеническая оценка качества воды питьевых подземных источников водоснабжения Московского региона

Измеряемые параметры	Диапазон содержания радионуклидов в воде артезианских скважин, Бк/л			
	* <sup>3</sup> Подземные воды, min-max (Бахур А.Е., АНРИ, 1996/97.-№2(8).-С. 32-39.)	Район расположения скважин на территории Московского региона		
		Север min – max	Центр min - max	Скважины сравнения min - max
<sup>238</sup> U	0,006-0,06	<0,0006 - 0,06	<0,0006 - 0,08	<0,0006
<sup>234</sup> U	0,008-0,09	<0,0006 - 0,07	<0,0006 - 0,12	<0,0006
<sup>226</sup> Ra	0,01-0,07	0,02 - 0,39	<0,0002 - 0,12	<0,0002 - 0,036
<sup>222</sup> Rn	10-30	3 - 30	2 - 8	1 - 11
<sup>210</sup> Pb	-	<0,0003 - 0,020	0,0012 - 0,030	<0,0003 - 0,0008
<sup>210</sup> Po	0,0004-0,015	<0,0006 - 0,018	<0,0006 - 0,03	<0,0006 - 0,0012
<sup>230</sup> Th	0,003-0,135	<0,0006	<0,0006	<0,0006
<sup>232+228</sup> Th	0,0002-1,80	<0,0006	<0,0006	<0,0006
<sup>228</sup> Ra	0,02-0,10	<0,0004	<0,0004	<0,0004
<sup>137</sup> Cs	-	<0,003	<0,003	<0,003
<sup>90</sup> Sr	-	<0,002	<0,002	<0,002
A <sub>α</sub>	0,04-0,36	0,01 - 0,37	0,09 - 0,29	-
A <sub>β</sub>	1,2-4,2	0,07 - 0,56	0,22 - 0,48	-
* <sup>1</sup> Eэф, мЗв/год	-	0,006 - 0,10	0,001 - 0,07	<0,0006 - 0,009
* <sup>2</sup> E <sub>Rn</sub> эф, мЗв/год	-	0,022 - 0,27	0,018 - 0,07	0,010 - 0,10

\*<sup>1</sup>Eэф – нормативное ограничение индивидуальной годовой эффективной дозы внутреннего облучения за счёт воды; \*<sup>2</sup>E<sub>Rn</sub>эф – индивидуальная годовая эффективная доза внутреннего облучения населения за счет радона в питьевой воде

\*<sup>3</sup> – региональная удельная активность природных радионуклидов в подземных водах средней полосы европейской части России

# Оптимизация контроля качества подземной воды по радиационно-гигиенической оценке

Параметры контроля и критерий оценки	Референтный показатель	Место отбора		
		Север min-max	Центр min-max	Скважины сравнения min-max
$A_\alpha$ , Бк/л	0,2	0,01 – 0,37	0,09 – 0,29	–
$^*1A_\alpha - \sum K_i A_i$ , Бк/л	$\leq 0,2$	0,01 – 0,07	0,01 – 0,02	–
$^*2A_\alpha - \sum K_i A_i$ , Бк/л	$\leq 0,2$	0,01 – 0,07	0,02 – 0,04	–
$^*1E_{эф}$ , мЗв/год	<0,1	0,006 – 0,10	0,001 – 0,07	<0,001 – 0,009
$^*2E_{эф}$ , мЗв/год	<0,1	0,004 – 0,08	0,001 – 0,04	<0,001 – 0,007

$^*1A_\alpha - \sum K_i A_i$  и  $^*1E$  – критерий и эффективная доза, рассчитанные по всем определенным радионуклидам;

$^*2A_\alpha - \sum K_i A_i$  и  $^*2E$  – критерий и эффективная доза, рассчитанные только исходя из удельных активностей  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ .

## Средние суммарные индивидуальные годовые эффективные дозы внутреннего облучения населения при потреблении подземной питьевой воды Московского региона

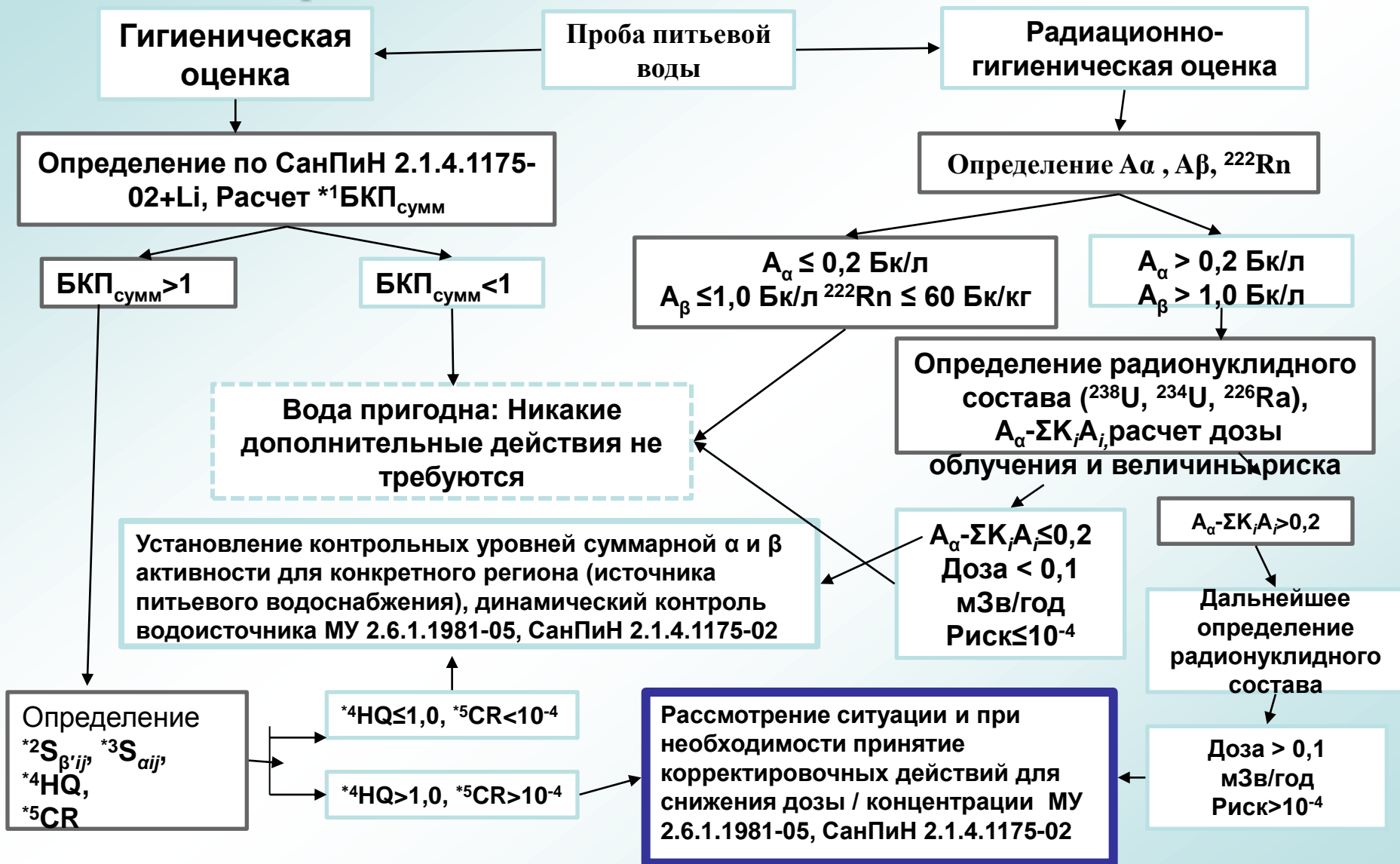
Место отбора	$E_{эф}$ , мЗв/год min -max	$E_{эфRn}$ , мЗв/год min -max	$E_{суммвода}$ , мЗв/год min -max	$E_{эфRn}/E_{суммвода} \times 100\%$
Центр региона	0,001- 0,07	0,018 - 0,07	0,021- 0,14	37 - 90
Север региона	0,004 – 0,10	0,022 – 0,27	0,032 – 0,36	30 - 94
Скважины сравнения	0,001 – 0,01	0,010 – 0,10	0,011 – 0,06	91 - 98

# Индивидуальный пожизненный риск для здоровья населения, обусловленный воздействием радиационных и химических факторов при употреблении подземной воды Московского региона

Место отбора	Суммарное воздействие	
	Канцерогенный риск радиационного фактора	Канцерогенный риск химического фактора
Центр региона	$1,08 \times 10^{-4} - 5,43 \times 10^{-4}$	$4,2 \times 10^{-7} - 2,3 \times 10^{-5}$
Север региона	$6,79 \times 10^{-5} - 13,7 \times 10^{-4}$	$3,8 \times 10^{-6} - 4,8 \times 10^{-5}$
Скважины сравнения	$4,55 \times 10^{-5} - 4,12 \times 10^{-4}$	$9,0 \times 10^{-7} - 2,3 \times 10^{-5}$
Характеристика риска	$10^{-4} - 10^{-5}$ допустимый $10^{-4} - 10^{-3}$ динамический контроль	$10^{-5} - 10^{-6}$ ДОПУСТИМЫЙ

Место отбора	Глубина скважин	Неканцерогенный риск (индекс опасности)	Кэфф. опасности (костная система)
Центр региона	25 - 160	0,33 - 1,1	0,01 - 0,56
Север региона	100 - 200	0,15 - 0,87	0,01 - 0,57
Скважины сравнения	60 - 155	0,46 - 0,81	0,002 - 0,05
Характеристика риска	—	< 1 допустимый	—

# Схема комплексного контроля и оценки качества подземных вод Московского региона по показателям радиационной и химической безопасности



\*1БКП<sub>сумм</sub> – суммарные баллы кратности превышения ПДК для элементов 1 и 2 класса опасности, нормируемых по санитарно-токсикологическому воздействию; \*2S<sub>β'ij</sub> – частный оценочный балл по кратности превышения ПДК; \*3S<sub>aij</sub> – частный оценочный балл по повторяемости загрязнения; \*4HQ – неканцерогенный риск (индекс опасности); \*5CR – канцерогенный риск.

1. По гигиенической оценке подземной воды Московского региона определено **превышение нормативного показателя БКП<sub>сумм</sub> в 93% случаев**. По частному оценочному баллу кратности превышения ПДК  $S_{\text{бу}}$  для Li, Sr, Cd, Pb, Ni, Al, Mn, Fe, F<sup>-</sup> уровень загрязненности подземной воды находится в диапазоне от «низкого» до «среднего», а по повторяемости случаев загрязненности для этих элементов от «неустойчивая» до «характерная».
2. В соответствии с СанПиН 2.1.4.1175-02, **в перечень показателей химического состава подземной питьевой воды Московского региона, подлежащих постоянному производственному контролю следует добавить Li**.
3. При использовании подземных вод Московского региона в питьевых целях внутреннее облучение населения обусловлено радионуклидами уранового ряда, при этом **вклад  $^{222}\text{Rn}$  составляет от 30 до 98%**.
4. Величина пожизненного канцерогенного риска от радиационного фактора за счет содержания  $^{222}\text{Rn}$  в подземных водах Московского региона составляет от  $3,9 \times 10^{-5}$  до  $1 \times 10^{-3}$  (расчет по общепринятой методике в России). **Характеристика суммарного пожизненного канцерогенного риска в течение жизни находится в диапазоне от «допустимый» до «средний»**. Расчет канцерогенного риска при ингаляционном маршруте воздействия по предлагаемой методике следует осуществлять по  $^{226}\text{Ra} + \text{ДПР}$ .
5. **Канцерогенный риск воздействия от химического фактора подземной воды обусловлен загрязнением кадмием при пероральном маршруте поступления, его величина ниже, чем от радиационного фактора и характеризуется как «допустимый»**.
6. **Разработан алгоритм комплексного контроля и оценки качества подземных вод Московского региона по показателям радиационной и химической безопасности для здоровья населения, позволяющий минимизировать затраты на его проведение**.



# Спасибо за внимание!



## **Основные нормативные документы для оценки степени радиационной и химической безопасности при использовании источников нецентрализованного водоснабжения и оценки качества воды**

- СанПиН 2.1.4.1175-02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников»
- ГН 2.1.5.2280–07 «Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования»
- РД 52.24.643-2002. «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям»
- СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)
- СП2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)
- МУ 2.6.1.1981-05. Радиационный контроль и гигиеническая оценка источников питьевого водоснабжения и питьевой воды по показателям радиационной безопасности. Оптимизация защитных мероприятий источников питьевого водоснабжения с повышенным содержанием радионуклидов