

«Федеральный детский эколого-биологический центр»

**Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды
«Открытия 2030»**

Тема работы

**«Поиск источников радиационного облучения человека за счет
природной подземной воды, используемой для питьевого
водоснабжения в городском округе Подольск».**

Номинация: Человек и его здоровье

Работу выполнила

Марушко Екатерина Олеговна
ученица 10 Т класса
МОУ «Лицей № 23»

Руководитель

Марушко Юлия Сергеевна
начальник испытательного центра
МУП «Водоканал»

Научный консультант

Мареева Светлана Анатольевна
начальник ЛИКИНИ ЦГиЭ в Московской области

**Городской округ Подольск
2020г**

Содержание

Глава 1. Литературный обзор.....	3
1.1 Природные радионуклиды.....	5
1.2 Искусственные радионуклиды.....	6
1.3 Критерии оценки радиационной опасности.....	7
1.4 Воздействие ионизирующего излучения на организм человека.....	8
Глава 2. Материалы и методы.....	11
2.1 Сбор и анализ имеющихся данных.....	11
2.2 Отбор проб из скважин.....	11
2.3 Измерение радона в воде.....	12
2.4 Измерения радона в воздухе.....	12
Глава 3. Результаты и обсуждения.....	13
Выводы.....	17
Литература.....	18
Приложения.....	20

Глава 1. Литературный обзор.

Введение.

В течение трёх лет я проходила практику в лабораториях испытательного центра МУП «Водоканал», где я узнала и провела исследование на станциях аэрации, предназначенных для обезжелезивания воды, провела исследование о возможной зависимости концентрации стронция от величины удельной бета-активности воды и обратила внимание, что вода скважины пос. Львовский, где в 1989 г. была радиационная авария, обладает наибольшей среди других скважин суммарной бета активностью и составляет более половины норматива, а именно 0,6 Бк/л. Это меня заинтересовало и я захотела исследовать радиологические показатели в подземной воде, используемой в качестве источника питьевого водоснабжения городского округа Подольск, а также пути попадания радиоактивных веществ в воду и их влияние на организм человека.

Актуальность темы.

Радиация является одним из абиотических факторов окружающей среды, оказывающим большое влияние на существование живого на планете Земля и в том числе качество жизни и здоровье человека. Радиоактивное излучение воздействует в организме на клетки и ядра клеток, вызывая тем самым ионизацию в клетках, увеличивая количество свободных радикалов, запускает мутации, оказывает тератогенный и канцерогенный эффект. Последствием облучения является лучевая болезнь хроническая или острая.

Структура средней индивидуальной годовой эффективной дозы природного облучения населения Российской Федерации по данным исследований Роспотребнадзора за период 2001-2018гг.

Вклад в дозу	K40	Космическое излучение	Внешнее терригенное облучение	Rn222 и их ДПР	Пищевые продукты	Питьевая вода	Атмосферный воздух	Суммарная доза
мЗв/год	0,17	0,34	0,67	1,99	0,14	0,04	0,01	3,35
%	5,08	10,13	20,01	59,47	4,03	1,11	0,18	100

Несмотря на то, что в среднем по РФ вклад подземной питьевой воды в общую дозу облучения населения не велик, но есть территории, на которых эта доза больше среднего, а в некоторых источниках воды доза облучения превышает и установленную долю для воды 0,1 мЗв/год, что требует дальнейшей оценки радиологической опасности данных источников. Есть территории, на которых за счет питьевой воды человек получает всю установленную для населения безопасную дозу облучения в 1 мЗв/год. [1]

Интенсивный водоотбор подземных вод в Подольском районе, несоблюдение режима эксплуатации на отдельных водозаборах, нахождение района в зоне

депрессивной воронки приводит к подтягиванию некондиционных вод из смежных водоносных горизонтов и с поверхности земли в зоне питания водоносных горизонтов, что способствует ухудшению качества добываемой воды, в том числе по радионуклидам.

Актуальность моего исследования подтверждает тот факт, что в МУП «Водоканал» г.о. Подольск на ответственном обслуживании находятся 178 скважин и только 40% из них обследованы на радиологические показатели за период с 2011 по 2019 год, из них 30% в 2019г. При этом среди обследованных скважин были выявлены две скважины, в 2012г. и 2019г, с превышением уровня суммарной альфа активности, которые были затем обследованы на отдельные радионуклиды, что привело к выводу их из эксплуатации и одна скважина в 2019г. с превышением норматива радона в 3 раза. Такие находки при обследовании 40% скважин указывают на явную недостаточность радиологического мониторинга подземной воды и необходимость его активного продолжения для обеспечения безопасности воды для населения.

Цель и задачи исследования.

Цель работы: Провести мониторинг радиологических показателей подземной воды 12 скважин Кленово-Чегодаевского водозаборного узла, выявить источники повышенного облучения населения за счет воды.

Гипотеза. В воде скважин Кленово-Чегодаевского водозаборного узла отсутствуют уровни содержания общей альфа-бета активности и радона выше уровня норматива. Активность короткоживущих дочерних продуктов изотопов радона в воздухе помещений водоподготовки подземной воды с открытыми фильтрами больше, чем с закрытыми.

Задачи:

1. Изучить литературу о радиологических показателях воды и их влиянии на здоровье человека.
2. Собрать и изучить имеющиеся ретроспективные данные о радиологических показателях воды из скважин, водоснабжающих г.о. Подольск мкн. Климовск.
3. Отобрать пробы воды из скважин водозабора ВНС «Школьная», ВНС «Товарная» на измерение общей альфа и бета активности воды и радон.
4. Провести самостоятельно измерения воды на обнаружение радона в лаборатории радиологии ЦГиЭ по московской области и получить результаты анализов на общую альфа и бета-активность воды.
5. Провести измерения воздуха на содержание радона в рабочем помещении станций аэрации и другой станции.
6. Сделать выводы, дать рекомендации.

Объект исследования - вода, воздух.

Исследование начато в июне 2020 года и окончено в ноябре 2020г. Исследование воды проводили в лаборатории радиологического анализа ЦГиЭ в московской области, измерение радона в воздухе проводили в рабочих

помещениях станций обезжелезивания с помощью переносного прибора альфарadiометра радона аэрозольного РАА-3-01 «АльфаАЭРО».

Предмет - радиологические показатели в подземной воде: удельная суммарная альфа- и бета-активности, радон-222, объемная активность радона, эквивалентная равновесная объёмная активность (ЭРОА) радона-222 и радона-220 (торона) в воздухе, оценка среднегодового значения ЭРОА радона в воздухе закрытых помещений.

Литературный обзор.

Воздействие ионизирующей радиации на человека обусловлено как естественными, так и искусственными источниками излучения. Доза облучения, получаемая человеком (под дозой подразумевается эффективная приведенная доза), складывается из двух составляющих - так называемого внешнего облучения (за счет источников ионизирующего излучения, находящихся вне тела человека) и внутреннего облучения (за счет радионуклидов, находящихся в организме человека).

Источниками ионизирующего излучения, действию которых подвергается любой человек, являются важнейшие радионуклиды:

Природные радионуклиды		Техногенные радионуклиды
Терригенные	Космогенные	
K40, Po210, Rn222, Ra226, Th232, U235, U238 и др.	H3, C14, P33 и др.	H3, Sr90, Kr85, I131, Cs137, Ce144, Pu239 и др.

Эти радионуклиды в комплексе обуславливают радиационный фон на поверхности земли.

1.1 Природные радионуклиды – существуют в природе независимо от деятельности человека. Тяжелые радионуклиды уран и торий находятся в окружающей среде, в основном в почве, глубоко в земле, в виде месторождений урановых руд и других скоплений, радионуклиды могут залегать в подземных грунтах как рассеянно, так и гнездообразно. Распадаются уран и торий очень медленно, так как имеют скорость полураспада порядка 10^8 - 10^{10} в 10 степени. Большое влияние на здоровье человека оказывают дочерние продукты их распада, например, радон. [2]

Содержание радионуклидов в природных водах варьирует в очень широком диапазоне и зависит от состава вмещающих пород, локальных и региональных особенностей их геологического строения, типа вод, климатических условий и др. При изучении формирования гидрогеохимических аномалий подземных вод зачастую трудно разделить влияние на них природных и техногенных факторов. Особенно ярко это проявляется на территориях с интенсивной эксплуатацией подземных вод, которая приводит к региональным изменениям гидродинамических условий, и, как следствие, изменениям гидрогеохимической ситуации. Это выражается в подтягивании некондиционных вод в продуктивные

горизонты из смежных водоносных горизонтов и комплексов и способствует ухудшению качества добываемой воды. Наиболее высокое содержание природных радионуклидов наблюдается в подземных водах, приуроченных к кислым магматическим породам, например, в водах трещиноватых гранитов. Подземные воды могут иметь гидравлическую взаимосвязь водоносных горизонтов разного уровня, проницаемые тектонические зоны, «окна» в водоупорных пластах и др. При этом подземные воды одного горизонта на разных участках могут иметь различные уровни содержания природных радионуклидов и даже разный радионуклидный и микроэлементный состав. [3]

1.2 Искусственные радионуклиды- радиоактивные элементы, образующиеся в результате хозяйственной деятельности человека. Они могут попасть в природу только как техногенное воздействие, связанное с деятельностью человека по ядерным испытаниям, ядерному производству или при аварии на атомных станциях. Наибольшее загрязнение окружающей среды и территории РФ техногенными радионуклидами произошло в 1954–1980 годах, в период испытаний ядерного оружия в атмосфере. На некоторых территориях РФ имело место дополнительное радиоактивное загрязнение объектов окружающей среды: на ЕТР в 1986 году вследствие радиационной аварии на Чернобыльской АЭС. В результате аварии на Чернобыльской АЭС, которая произошла в ночь на субботу 26 апреля 1986 года, в атмосферу попали внушительные объемы изотопов йода-131, цезия-137, стронция-90, а также трансурановых элементов. Йод и цезий разлетелись по всему миру, а тяжелые трансурановые элементы (в том числе изотопы плутония) осели преимущественно в 30-километровой зоне [4]

На АТР в 1957 году произошла радиационная аварии на ПО «Маяк», авария на атомной станции Фукусима в Японии в 2011г. Основной вклад в радиоактивное загрязнение территории России вносит техногенный ^{90}Sr , ^{137}Cs , выносимые с загрязненных территорий. Наблюдения за содержанием радионуклидов в объектах природной среды (воздух, поверхностные и морские воды, почва) и мощностью амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) на территории РФ проводятся стационарными пунктами наблюдения (гидрометеостанциями и постами), входящими в систему радиационного мониторинга (СРМ) Росгидромета, о чем подробно пишет в своих отчетах НПО Тайфун. Ознакомившись с отчетами НПО Тайфун [5], я не нашла там информации о подземной воде и питьевой воде.

Радиоактивный стронций является физиологическим аналогом кальция, он эффективно откладывается в костной ткани (в частности, присутствие стронция-90 в детских зубах вследствие атмосферных ядерных испытаний было подтверждено исследованием канадского физика Урсулы Франклин, что стало одним из факторов принятия международного моратория на такие испытания). Высокое накопление стронция, особенно в организме детей, может привести к крайне опасным последствиям. Радиоактивный стронций облучает растущую костную ткань, что приводит к заболеванию и деформации суставов ребенка,

наблюдается задержка в росте. Это заболевание имеет даже свое название – стронциевый рахит. За счёт отложения в костной ткани, он облучает красный костный мозг. Именно костный мозг является критическим органом при попадании стронция-90 в организм, что увеличивает риск заболеть лейкемией. Поступление большого количества изотопа может вызвать острую лучевую болезнь. Эти же факты подтверждены в клинике развития хронической лучевой болезни у населения, проживавшего в долине реки Течи, где расположено специализированное предприятие «Маяк», а сейчас находится хранилище для радиоактивных отходов. Радиоактивный йод способен концентрироваться в щитовидной железе, вызывая раковые опухоли. Цезий 137 поражает печень, почки, мышечную ткань, является в организме мобильным и быстро выводится. В последние годы участились находки в природе америция-241, который опасен тем, что практически не выводится из организма, а накапливается в нем. Он образуется при распаде плутония-241.[4]

Содержание искусственных радионуклидов в воде источников водоснабжения может повышаться в результате радиационных аварий, а также сбросов и выбросов предприятий ядерной энергетики и др

Содержание искусственных радионуклидов в природе настолько мало, что не вносит существенного вклада в облучение населения кроме загрязненных зон, подвергшихся радиационным авариям.

1.3 Критерии оценки радиационной опасности.

Для первичной оценки радиационной обстановки используется наиболее просто определяемый критерий – **суммарная бета-активность** в объектах окружающей среды (вода, воздух, атмосферные выпадения и др.), **суммарная альфа-активность и радон**. Суммарная (общая) бета-активность ($\Sigma\beta$, Бк) радионуклидов в источнике – это отношение числа dN бета-частиц, испускаемых всеми радионуклидами в источнике (образце) за интервал времени dt , к этому интервалу времени. Аналогично определяется суммарная альфа-активность. Если суммарная бета-активность, или альфа-активность источника за равные интервалы времени не меняется, то существенного дополнительного радиоактивного загрязнения не происходит. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009 (далее - Нормы) применяются для обеспечения безопасности человека во всех условиях воздействия на него ионизирующего излучения искусственного или природного происхождения.

Эффективная доза для персонала, работающего с источниками не должна превышать за период трудовой деятельности(50 лет) - 1000 мЗв, а для населения за период жизни (70 лет) - 70 мЗв. Для персонала, работающего на прочих производствах, где может быть повышенное облучение за счет природных источников- 5мЗв/год. Началом периодов считается 1 января 2000 года. Допустимое значение эффективной дозы, обусловленной суммарным воздействием природных источников излучения, для населения не устанавливается. Снижение облучения населения достигается путем установления системы ограничений на облучение населения от отдельных

природных источников излучения. Так в природной подземной воде, используемой для водоснабжения установлены ограничительные нормы.

СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода централизованных систем водоснабжения. Контроль качества» устанавливает ориентировочные показатели радиологического качества воды согласно норм радиационной безопасности

Показатели	Единицы измерения	Показатели радиационной безопасности
Удельная суммарная альфа-активность	Бк/кг	0,2*
Удельная суммарная бета-активность	Бк/кг	1*
Радон-222	Бк/кг	60
Сумма отношений активности радионуклидов к уровню вмешательства	Ед	Менее или равно 1**

*При превышении показателей проводится анализ содержания радионуклидов в воде.

*Перечень определяемых радионуклидов в воде устанавливается в соответствии с санитарным законодательством. Определение радона для подземных источников водоснабжения является обязательным.

**При совместном присутствии в воде нескольких радионуклидов должно выполняться условие сумма (A_i/U_{Vi}) менее или равно 1, где А- удельная активность i-го радионуклида в воде; УВ- соответствующий уровень вмешательства i согласно приложению 2а к СанПиН 2.6.1.2523-09* "Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)". При невыполнении условия оценка воды проводится в соответствии с санитарным законодательством". [9]

1.4 Воздействие ионизирующего излучения на организм человека.

Различные виды ионизирующего излучения воздействуют на организм человека по разному. Наибольший вред организму приносит альфа-излучение, если такой радионуклид попадает внутрь с водой, пищей или воздухом.

Альфа-частицы

Альфа-частицы легко задерживаются даже листком бумаги, не могут пробиться сквозь слой кожи. Но если попадают внутрь – с едой, водой или воздухом, – представляют гораздо большую опасность, чем бета-частицы и волны гамма-излучения. Альфа-частицы более массивны, движутся с большой скоростью, могут механически разрывать клетки и даже атаковать ядро, где находится молекула ДНК, что приводит к генетическим изменениям.

Бетаизлучающие радионуклиды оказывают вредное воздействие на организм как при внутреннем, так и при внешнем облучении.

Бета-частицы

Бета-частицы значительно меньше по размеру альфа-частиц, могут воздействовать на верхние слои кожи. Страшные ожоги пожарных в ночь Чернобыльской трагедии – это как раз результат сильного бета-облучения. Кроме того, бета-частицы неглубоко, но способны проникать внутрь и провоцировать облучение внутренних органов. Проблемы со щитовидкой – это результат бета-облучения йодом 131, полученного в том числе извне. Йод и цезий являются источниками одновременно бета- и гамма-излучения. Стронций – только бета

Альфа - и бета-распады часто сопровождаются **гамма-излучением** (испусканием гамма-квантов), относящихся к электромагнитному излучению и обладающих ещё большей проникающей способностью.

Радон.

Радон испускает альфа-частицы, которые несут в себе огромную энергию. Обычная одежда защищает человека от такого вида радиации, но опасность кроется в попадании радона в дыхательные пути, т.к. он является причиной заболеваний раком легких.

Кроме того, дочерние продукты распада радона – свинец, полоний и висмут – являются весьма опасными для человеческого организма и могут вызывать рак. Например, радон-222 в цепи ядерных преобразований порождает полоний-218 (период полураспада 3,1 минуты), полоний-214 (0,16 миллисекунд) и полоний-210 (138,4 суток). Эти элементы также испускают разрушительные альфа-частицы (Приложение 1). Исследователи отмечают, что воздействие радона на организм особенно опасно в сочетании с привычкой курения. Отмечено, что курение и радон – это два наиболее значимых фактора в возникновении рака легких, а когда они действуют совместно, то опасность резко усиливается. Но радиоактивный элемент поражает не только легкие человека. Он также негативно влияет на половые и кроветворные клетки. Это может привести к потере естественной защищенности организма, заболеванию лейкемией и особенно это опасно тем, что пораженные клетки могут стать основой новой жизни и ребенок родится не полноценным.

Радон — это радиоактивный газ природного происхождения. Он не имеет запаха, цвета или вкуса. Радон образуется в процессе природного радиоактивного распада урана, который обнаруживается во всех видах горных пород и почве. Радон может также присутствовать в воде. Критическим путем облучения населения за счет радона, содержащегося в питьевой воде, является переход его в воздух помещений и последующее ингаляционное поступление короткоживущих дочерних продуктов радона в организм.

Вклад питьевой воды в содержание радона в воздухе помещений ориентировочно можно оценить по скорости поступления радона в процессе дегазации воды. При стандартных условиях (эффективности дегазации 0,5 и интенсивности потребления воды – 0,07 м³/ч) среднее значение объемной активности R_n в воздухе эталонного дома ориентировочно составит 10⁻⁴ от концентрации радона в водопроводной воде. Так, при концентрации радона в

водопроводной воде $1\ 000\ \text{Бк}/\text{м}^3$ ($1\ \text{Бк}/\text{л}$) увеличение объемной активности R_n в воздухе помещений составит $0,1\ \text{Бк}/\text{м}^3$. Распределение радона в воздухе жилого помещения будет &конечно неравномерным: больше всего его будет в помещениях, где происходит выделение радона из воды, т.е. на кухне и в ванной. В закрытых помещениях водоочистных сооружений, особенно станций аэрации, концентрация радона может оказаться выше. [7]

Радон- тяжелый газ, он в 7,5 раз тяжелее воздуха. Радон, выделяемый из воды в душевой комнате, или на производственных станциях аэрации, сначала будет наполнять весь объем помещения и &существовать в виде аэрозоли, затем опустится к нижней поверхности.

Но даже такой опасный газ нашел свое применение в современной медицине. Его используют в радоновых ваннах, с помощью которых можно вылечить большой перечень болезней: заболевания нервной системы, гинекологические заболевания, болезни почек и мочевыводящих путей, болезни эндокринной системы и др. [8]

Радиоактивный газ радон по территориям проживания населения распределен неравномерно. В силу геологических особенностей природных условий в группу радоноопасных можно включить отдельные районы Урала и Карелии, Ставропольского, Алтайского и Красноярского края, Читинской, Томской и других областей в связи со сложной гидрогеологической складчатой структурой области недр, характерной чертой которых являются эманерирующие свойства трещиноватых и трещинно-жильных коллекторов с рассеянной и гнездообразной минерализацией радиоактивных элементов. Результаты замеров концентрации радона могут значительно изменяться с течением времени. Поэтому надежному решению вопроса радиационной безопасности может способствовать только периодический и постоянный мониторинг. [1]. Среднегодовые значения ЭРОА изотопов радона и продуктов его распада в помещениях эксплуатируемых производственных зданий и сооружений не должны превышать $300\ \text{Бк}/\text{м}^3$ [11]. Для всего персонала при воздействии природных источников радона на подобных объектах допустимая объемная активность (ДОА) короткоживущих дочерних продуктов изотопов радона (КДПИР) соответствует годовой дозе $5\ \text{мЗв}$. (Приложение 11). В 2019 г. в РФ при обследовании производственных зданий на содержание радона обнаружены превышения в $0,1\%$ проб.[1]

Радиоактивное загрязнение территории, прилегающей к Подольскому заводу цветных металлов, обнаружено летом 1989 года Центральной геологической экспедицией по результатам аэрогамма-съемки. Пешеходная разведочная и детальная гамма-съемка выявили значительную загрязнённость радионуклидами части территории самого завода вследствие попадания источников ионизирующего излучения в плавильные печи ПЗЦМ. Из 42 га площади завода на 5 га было обнаружено радиоактивное загрязнение. Определено, что в плавильные печи завода попал неучтенный источник бета излучения цезий-137, вероятно, сданный в металлолом безответственными

людьми. [10] Повлияла ли данная радиационная авария на бета-активность подземной воды ВЗУ Львовский пока остаётся не ясной.

Глава 2. Материалы и методы.

В работе применялись следующие методы исследования, разделённые на 2 основные группы. 1 группа: полевые методы получения фактического материала, физические методы измерения ДПР радона в пробах воды и воздуха производственных помещений, а также анализ литературных источников и баз данных, предоставленных МУП «Водоканал». Вторую группу составили способы обработки полученного фактического материала: группировка в таблицы, сравнение в нормативами, действующими в РФ, расчет дозы облучения персонала за счет радона в рабочем помещении.

2.1 Сбор и анализ имеющихся данных.

Линейный водозабор Кленово-Чегодаево расположен в промежутках лесных массивов и не удобных для сельского хозяйства землях вдоль глубоко врезанной балки в долине реки Трешня, прорезанных оврагами и походит параллельно руслу реки Мочи, на расстоянии 3,5-4 км. восточнее его . Состоит из 10 попарно расположенных скважин в длину ряда 3 км. В зоне активного влияния водозабора находится и посёлок Львовский. На ВНС также подают воду несколько одиночных скважин 1МИС, 6а, 7Кл. Львовский водозаборный узел состоит из двух скважин, расположенных Скважины ориентированы на Подольско-Мячковский водоносный горизонт, залегающий на глубине 22-45 метров, Каширский водоносный горизонт, залегающий на глубине 72-90, алексинско-протвинский горизонт глубиной 110-150 метров

Просмотрев и проанализировав имеющиеся данные по радиологическим показателям в воде скважин на предприятии МУП «Водоканал» я выяснила, что до 2020г. Из интересующего меня водозаборного узла обследовано на общую альфа и бета активность всего 8 скважин, из них на обнаружение радона-6. Что составило 53%. (Приложение 3)

В своей предыдущей работе я отметила в воде скважины пос. Львовский, где произошла радиационная авария в 1989 г. наибольший, среди всех исследованных скважин г. о. Подольск, уровень общей бета активности-0,57 Бк/л. (Приложение 2).

2.2 Отбор проб из скважин производился согласно- ГОСТ 31861-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб» в полимерные бутылки на удельную суммарную альфа активность и удельную суммарную бета активность в количестве 1,5 литра и на определение радона в полимерную бутылку объемом 1,5 литра. Транспортировка проб для определения радона производилась вверх дном. Доставка в лабораторию осуществлялась в тот же день.(Приложение 4)

2.3 Измерения радона в воде.

Измерения радона в воде двух скважин проводились 15.06.2020г. в лаборатории радиологии ЦГиЭ.

Для измерения радона в воде используется спектрометрический комплекс «Мультирад», принцип действия которого основан на преобразовании энергии ионизирующих излучений в электрические импульсы и дальше в цифровой сигнал, который специальным программным обеспечением «Прогресс» обрабатывается с получением результата. Методика основана на регистрации гамма-излучения дочерних продуктов распада радона в счетном образце.

Проведение измерения:

1. Калибруем прибор по уровню излучения контрольного образца Cs137+K-40.
 2. Мерным цилиндром отмеряем 1 литр пробы в мерный сосуд Моринелли.
 3. Ставим сосуд Моринелли в свинцовый домик прибора. (отсек для образца)
 4. Регистрируем пробу в программном обеспечении прибора.
 5. В течение получаса происходит измерение излучения ДПР
 6. Записываем результат измерения в журнал.
- (Приложение 5-6)

2.4 Измерения радона в воздухе

Измерения производились 06.11.2020г. в залах аэрации указанных ВНС «Школьная», «Товарная», «Львовская» альфарадиметром радона аэрозольным РАА-3-01 «АльфаАЭРО».

Ход измерения:

1. Проводим диагностику работы 1-го измерительного канала с применением контрольного альфа-источника америция 241.
2. Измеряем параметры окружающей среды: температуру воздуха, влажность, атмосферное давление, вносим в базу прибора. Для расчёта **среднегодовой ЭРОА радона** требуется ввести значение текущей температуры воздуха снаружи здания . и внутри помещения.
3. Вставляем собирающий фильтр в прибор и измеряем «фон» чистого фильтра, затем прокачиваем воздух через него (отбираем пробу воздуха).
в течение 10 минут, используя краткосрочный режим измерения.
4. Ждем расчет значений ОА и ЭРОА радона в воздухе, который выполняется прибором непрерывно в течение пробоотбора. путем анализа соотношения активности дочерних продуктов радона на фильтре.

Оценку **эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона** в воздухе прибор проводит по результатам измерений **объемной активности (ОА) радона**. (Приложения 7-10)

Учёт закономерного влияния разности температур внутреннего и наружного воздуха на содержание радона в закрытых помещениях позволяет производить расчётную оценку среднегодового значения ЭРОА радона непрерывно уточняя результат в течение пробоотбора, т. к. в нем встроен датчик температуры.

6. На следующий день проводили измерение ЭРОА торона прибором на том же фильтре в интервале от 7 до 30 часов после окончания пробоотбора. Время необходимо для удаления дочерних продуктов распада радона (Po-218, Po-214) и появления дочерних продуктов распада торона (Bi-212, Po-212)

Глава 3. Результаты и обсуждение.

Результаты измерений, полученных в 2020г. в пробах воды из скважин

Наименование	Глубина Залега-ния (метр)	Альфа-активности Бк\л	Бета-активности Бк\л	Радона Бк/м3	ВНС
Скважина 10	26	$0,12 \pm 0,04$	$0,29 \pm 0,17$	менее 7	ВНС Товарна ВНСШколь- ная
Скважина 11	23	0,01	Менее 0,1	менее 7	ВНС Товарна ВНСШколь- ная
Скважина 13а	23	Менее 0,01	Менее 0,1	менее 7	ВНС Товарна ВНСШколь- ная
Скважина 13 Кч (15.06.20)	23	менее 0,01	менее 0,1	менее 7	ВНС Товарная ВНС Школьная
Скважина 14 Кч (15.06.20)	23	менее 0,01	менее 0,1	$9,3 \pm 4,2$	ВНС Товарная ВНС Школьная
Скважина 10-Б Кч (07.09.20)	26	$0,12 \pm 0,04$	$0,29 \pm 0,17$	менее 7	ВНС Товарна ВНСШколь- ная
Скважина 7 Кл (10.09.20)	51	$0,090 \pm 0,020$	$0,27 \pm 0,11$	23 ± 10	ВНС Школьная
ВЗУ Львовский					
Скважина Л 4(08.10.20)		$0,08 \pm 0,05$	менее 0,1	мене 7,0	ВНС Львовска я
Скважина Л 3(08.10.20)		менее 0,08	$0,60 \pm 0,21$	$9,1 \pm 3,7$	ВНС Львовская

Результаты измерений радона в воздухе рабочих помещений станций аэрации 06.11.2020г.

№пп	Место измерения	ОА Rn222 Бк/м3	ЭРОА +/-Δ Rn222 Бк/м3	ЭРОА +/-Δ Tn Бк/м3	Максимальная среднегодовая Смакс. Бк/м3	Норматив Бк/м3
1	Помещение фильтровального зала ВНС «Школьная» безнапорные открытые фильтры	786±175	415±69	<2	606±388	≤300
2	Помещение фильтровального зала ВНС «Товарная» безнапорные открытые фильтры	2446±449	1352±162	<3	1969±1223	≤300
3	Помещение фильтровального зала ВНС «Львовская» напорные закрытые фильтры	10±41	61±23	<3	95±80	≤300

Обсуждение результатов:

В пробах воды из скважин не обнаружено каких либо превышений нормативных показателей. Вода из исследованных скважин соответствует требованиям радиационной безопасности. Из таблиц видно, что в воде из более глубоких скважин, ориентированных на Каширский или Алексинско-Протвинский водоносный горизонт возрастает содержание радона по сравнению с Подольско-Мячковским.

Для измерения радона выбраны станции обезжелезивания с открытыми безнапорными фильтрами и для сравнения станция с закрытыми напорными фильтрами. Исследованием подтверждено, что активность ДПР радона в

воздухе помещений с открытыми безнапорными фильтрами станций обезжелезивания «Школьная», «Товарная» больше активности ДПР радона в помещении станции обезжелезивания «Львовская» с закрытыми напорными фильтрами, что подтвердило мою гипотезу.

При работе персонала в помещении ВНС «Школьная» в течение 77 суток рабочего времени в год и проведении работ в помещении в течении в среднем 2 часов, и средней скорости дыхания работников 1,2 мЗв/час радиационное облучение составит более 5мЗв/год, что не соответствует требованиям радиационной безопасности. При аналогичном режиме работы персонала на станции ВНС «Товарная» радиационное облучение от радона составит 25 мЗв/год, что также опасно для организма человека.

За ожидаемую годовую эффективную дозу ($D(\tau)$, мЗв/год) следует принимать:

$$D_{\tau} = K_D * T_{cm} * \sum (\text{ЭРОА}_{Rn} + 4,6 \text{ЭРОА}_{Tn})_K * N_K * K_K^3$$

где: K_D - условный дозовый коэффициент для перехода от экспозиции к эффективной дозе $8,3 \cdot 10^{-6}$ мЗв/(Бк · ч/м³) для персонала группы Б; T_{CM} - продолжительность рабочей смены, ч; ЭРОА_{Rn} и ЭРОА_{Tn} - среднее значение ЭРОА изотопов радона, взвешенное по времени в пределах профмаршрута индивидуума в период его работы на К-м рабочем месте; N_K - фактическое число рабочих смен, отработанных индивидуумом на К-м рабочем месте в течение данного календарного года; K_K^3 - коэффициент, характеризующий эффективность использования средств индивидуальной защиты в период работы индивидуума на К-м рабочем месте, отн. ед.

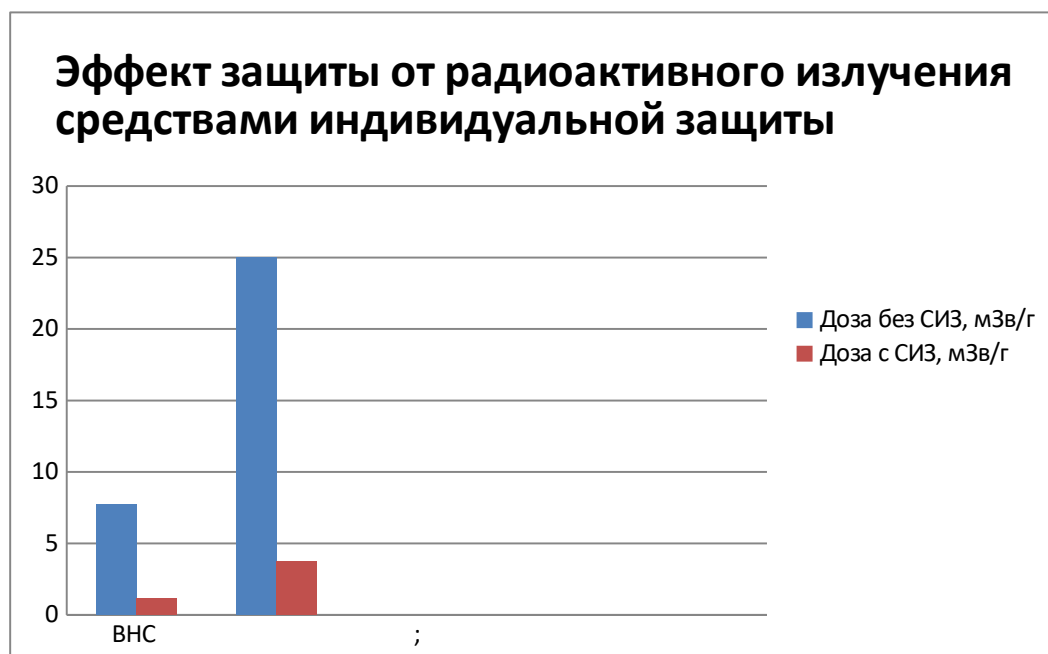
Согласно методическим данным у индивидуальных защитных средств (респираторов) есть величина эффективной задержки аэрозолей. Так, у респиратора «Лепесток-40» он составляет $\eta = 0,85$. [11]

Таким образом произведён расчет годовой эффективной дозы облучения персонала и получено:

Наименование	Кд дозовый коэф. мЗв/Бк*ч/м3	Тсм часов в смену	Нк число рабочих смен	Ккз коэф. Средств защиты 1- η	Стах (Бк/м3)	Эффективная доза без средств защиты мЗв/год	Эффективная доза с использованием респиратора Лепесток-40

							мЗв/год
ВНС Школьная	8,3*E-6	2	77	0,15	606	7,7	1,15
ВНС Товарная	8,38E-6	2	77	0,15	1969	25	3,75

Результаты данной таблицы можно выразить диаграммой:



Выводы

Проанализировав результаты измерений можно сделать следующие выводы:

1. В пробах воды 9 исследованных скважин результаты измерений всех радиологических показателей не превышают контрольные уровни.
2. Подземная вода исследованных скважин безопасна по радиоактивности.
3. В пробах воздуха в рабочем помещении станции «Школьная» с открытыми безнапорными фильтрами обнаружено превышение норматива среднегодовой максимальной ЭРОА радона в 2 раза.
4. В пробах воздуха в рабочем помещении станции «Товарная» с открытыми безнапорными фильтрами обнаружено превышение норматива среднегодовой максимальной ЭРОА радона в 6,56 раза.

5. В пробах воздуха в рабочем помещении станции «Львовская» с закрытыми напорными фильтрами не обнаружено превышение активности ДПР радона.
6. Процесс аэрации воды на безнапорных открытых фильтрах, имеющих большую площадь зеркала воды, способствует выходу радона в воздух.
7. Расчетная эффективная доза облучения персонала на рабочем месте с превышением норматива по активности радона выше норм радиационной безопасности по облучению населения 5 мЗв в год на ВНС «Школьная» в 1,54 раза, на ВНС «Товарная» в 5 раз и требуются мероприятия по ее снижению.
8. Применение средств индивидуальной защиты в виде респиратора «Лепесток-40» существенно снижает дозу облучения человека за счет радона.
9. При работе в СИЗ облучение органов дыхания человека будет в пределах нормативного.

Заключение.

В результате проведенного мониторинга радиологических показателей подземной воды в 9 скважинах Кленово-чегодаевского водозаборного узла, воздуха в помещениях станций аэрации выявлен источник повышенного облучения человека на рабочем месте в процессе проведения обработки воды. Дальнейшее обследование показало, что в помещениях не работала приточно-вытяжная вентиляция.

По данным исследования необходимо провести защитные мероприятия.

Администрации МУП «Водоканал даны рекомендации:

1. Обеспечить персонал средствами индивидуальной защиты органов дыхания, респираторами типа «Лепесток-40».
2. Проверить и наладить работу механической вентиляции помещений.
3. Осуществлять периодическое дополнительное проветривание помещений.
4. Снизить запыленность воздуха в рабочих помещениях.
5. Провести повторные измерения по результатам выполненных мероприятий.
6. Продолжить проведение мониторинга радиологических показателей воды в скважинах и воздуха в рабочих помещениях.

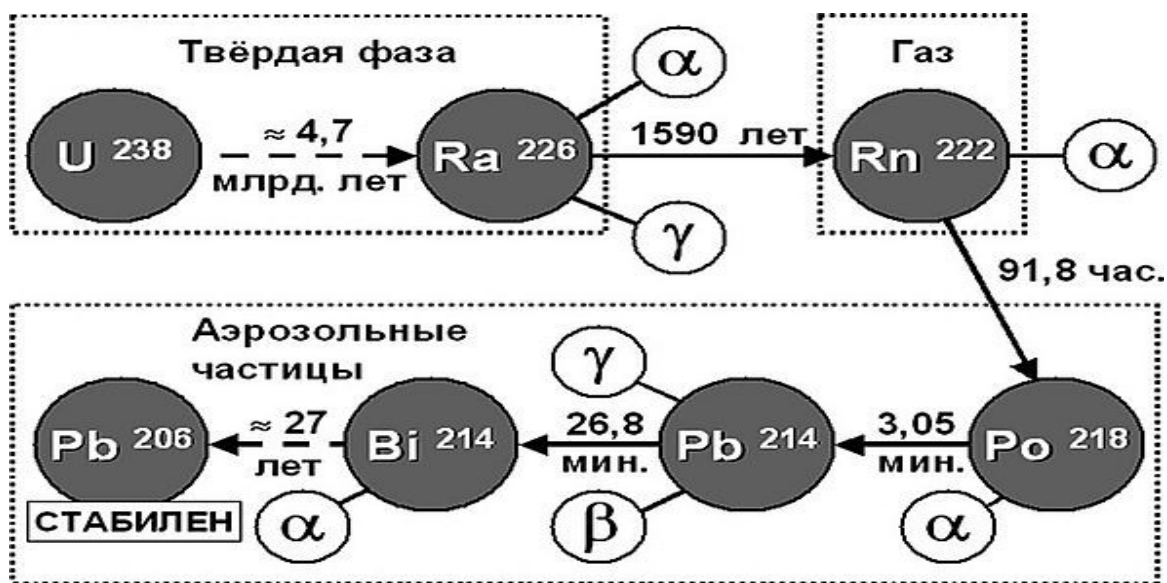
Литература

1. <https://asko-med.ru/upload/Госдоклад%20Роспотребнадзора%202019.pdf> Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году».
2. С.С. Бердонос, Ю.А. Сапожников «Ионизирующее излучение и окружающая среда», Соросовский образовательный журнал т.7, №2, 2001г.
3. <https://voda.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=548510> Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2018 году». – М.: НИА-Природа, 2019. – 290 с.
4. (<https://sputnik.by/infographics/20170426/1028497148/kak-vliyaют-chernobylskie-izotopy-na-cheloveka.html>).
5. Данные по радиоактивному загрязнению территории населённых пунктов Российской Федерации цезием-137, стронцием-90, плутонием-239+240. Обнинск, 2019г. НПО «Тайфун».
6. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2018г. Ежегодник. Обнинск, 2019г. НПО «Тайфун» Минприроды и экологии РФ.
7. "МУ 2.6.1.1981-05. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. 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. Методические указания" (утв. Роспотребнадзором 25.04.2005) (ред. От 04.08.2010)
8. (<https://mydozimetr.ru/blog/stati/kak-obnaruzhit-radon-i-umenshit-ugrozu-zdorovyu/>)
9. (<http://docs.cntd.ru/document/902170553>)
10. <https://www.atomic-energy.ru/articles/2012/04/18/32805>.
11. (<https://ekosf.ru/normativnye-dokumenty/radiatsiya/126-sanpiny/681-sanpin-2-6-1-2800-10-trebovaniya-radiatsionnoj-bezopasnosti-pri-obluchenii-naseleniya-prirodnymi-istochnikami-ioniziruyushchego-izlucheniya>)
12. <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293836/4293836134.htm> Методические указания МУ 2.6.1.12-01 „Определение индивидуальных эффективных доз облучения персонала от короткоживущих дочерних продуктов изотопов радона».

Приложения

Приложение 1

Схема образования радона-222 и дочерних продуктов распада радона



Приложение 2

Результаты исследований проб воды из скважин, полученные в моей исследовательской работе в 2019 году.

№пп	Наименование	Результат измерения стронция (норматив 7,0 мг/дм ³)	Результат измерения суммарной общей бета-активности (норматив 1,0 Бк/л)
1	Скв. ЛЗ (п.Львовский)	0,52±0,08	0,57±0,19
2	Скв.11	1,31±0,19	Менее 0,1
3	Скв.БЗ	1,55±0,23	0,25±0,17
4	Скв.146	1,62±0,24	0,123±0,017
5	Скв.С1	2,21±0,33	0,48±0,19
6	Скв.2КЛ	8,63±1,7	0,22±0,08
7	Скв. 6Шк	8,87±1,8	0,25±0,11
8	Скв.12кч	13±2,6	Менее 0,1
9	Скв.Ф2 (120 метров)	14,35±2,9	0,43±0,17
10	Скв.1Рм (116 м)	17,04±3,4	0,34±0,14
11	Скв. 17 (117м)	21.0±3,15	0,30±0,14
12	Скв. 108 (80м)	24±3,6	0,23±0,09

Приложение 3

Результаты радиологических измерений

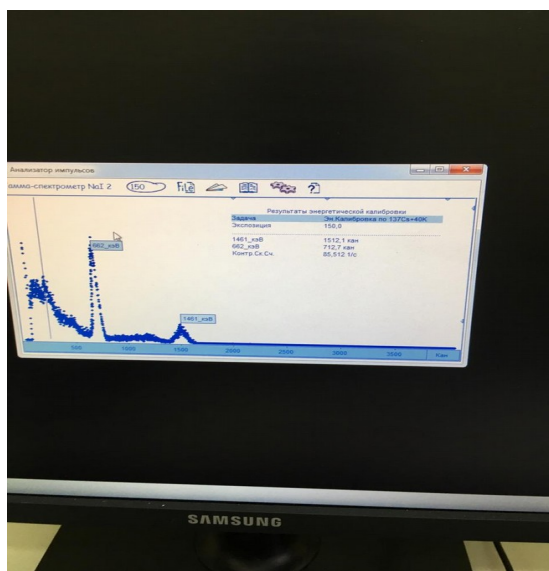
**воды подземных источников водоснабжения ВЗУ Кленово-Чегодаевский,
ВЗУ Львовский подающих воду на
ВНС Товарная, ВНС Школьная и ВНС Львовский
за 2017-2019 год**

Скважина	Глубина залегания воды(м)	α- Бк/кг (0,2 Бк/кг)	β- Бк/кг (1,0 Бк/кг)	Радон Бк/кг (60 Бк/кг)	Примечание
Скважина 1МИС (16.02.17)	50	0,030 ± 0,010	0,24 ± 0,07	13,2 ± 4,0	ВНС Товарная
Скважина 14Бр (22.11.17)	24	0,09 ± 0,03	0,18 ± 0,05	менее 7	ВНС Школьная
Скважина 15 Кч (13.04.18)	23	менее 0,08	менее 0,23	-	ВНС Товарная ВНС Школьная
Скважина 12Кч (13.04.18)	125,6	менее 0,04	менее 0,19	-	ВНС Товарная ВНС Школьная
Скважина 6а Шк (26.09.19)	73	менее 0,01	0,25 ± 0,11	34,6 ± 6,3	ВНС Школьная
Скважина 9 Кч (10.10.19)	26	менее 0,08	менее 0,32	менее 1,89	ВНС Товарная ВНС Школьная
Скважина Л 4 (15.07.19)	25	0,06 ± 0,06	0,38 ± 0,18	менее 7,0	ВНС Львовская
Скважина Л 3 (19.11.19)	48	0,050 ± 0,020	0,57 ± 0,19	7,3 ± 3,9	ВНС Львовская

Приложение 4
Отбор проб из скважин.



Приложение 5-6 Измерение радона в воде.



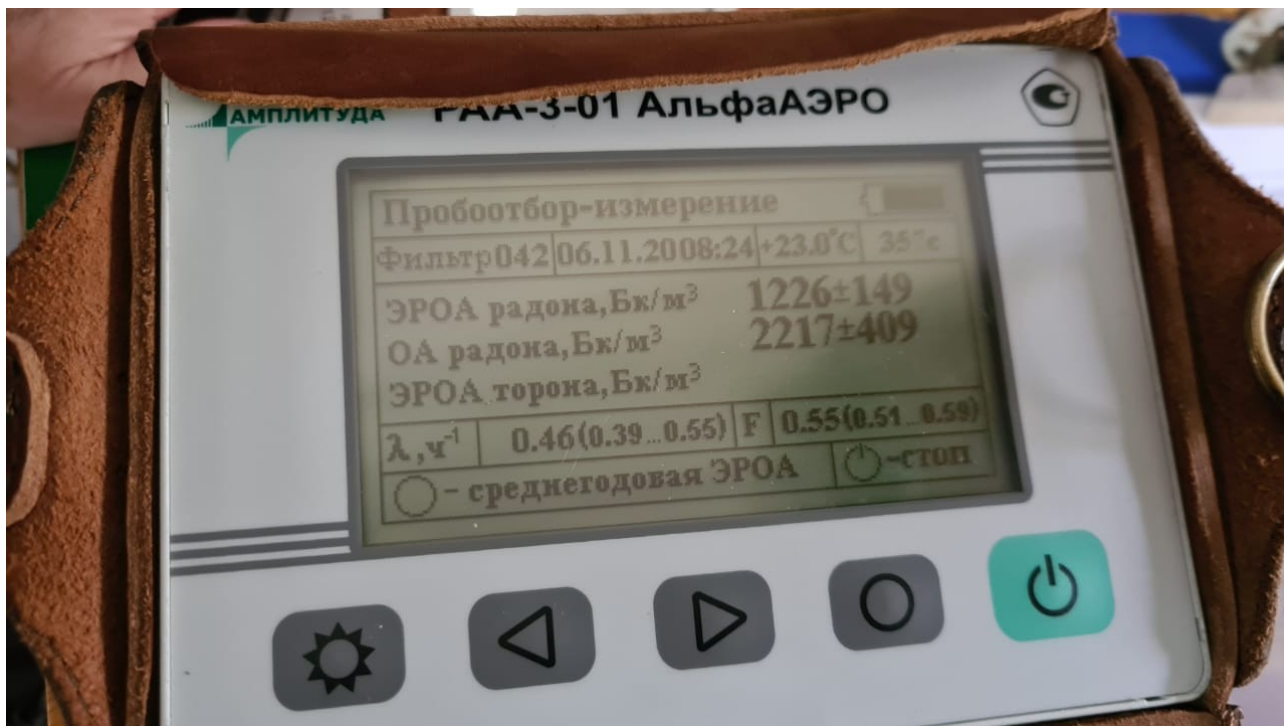
1. на станции «Школьная»



Приложения 7-10 Измерения радона в воздухе.
На станции «Товарная»



На станции «Львовская»



Приложение 11

Типы объектов	Нормируемая величина эффективной дозы за счет КДПИР при монофакторном воздействии*	Предел дозы, мЗв, для персонала	
		Группы А	Группы Б
Радоноопасные	Годовая	50	12,5
	Годовая, усредненная за любые последовательные 5 лет	20	5
	Накопления за период трудовой деятельности (50 лет)	1000	250
Прочие	Годовая	5	5

Примечание: *при многофакторном воздействии приведенные значения предела дозы должны выполняться с учетом суммы доз от других техногенных (для радоноопасных объектов) или природных (для прочих объектов) источников.