

Изследване на радиоактивността на водите, използвани от хората в ежедневието

Росица Альошева Манева
10. клас, СУ „Иван Вазов“, гр. Вършец
Имейл: rosica.maneva@ivan-vazov.info
Мобилен телефон: 0889 821 448

Радост Маринова Горанова
10. клас, СУ „Иван Вазов“, гр. Вършец
Имейл: radost.goranova@ivan-vazov.info
Мобилен телефон: 0884 623 876

Ръководител: Радка Костадинова
Учител по физика и астрономия в СУ „Иван Вазов“, гр. Вършец
Имейл: radka.kostadinova@gmail.com
Мобилен телефон: 0897 070 525

Консултант: д-р Елена Гелева (БАН)

1. Увод

През 21. век в магазините започва да се продава бутилирана вода. През миналия 20. век хората са пиели вода от чешми, извори или кладенци. Но в настоящото време пиенето на бутилирана вода е ежедневие. Тя може да бъде минерална, изворна или питейна вода, за чийто състав се информираме от етикета ѝ. Консумирайки бутилирана минерална вода, потребителите имат очаквания тя да бъде чиста, вкусна, приятна, с ниска минерализация и да не бъде радиоактивна.

Нашето тяло е нашият дом. А чистата вода е необходимостта за нашето здраве. Това ни мотивира да започнем изследване на водите за радиоактивността им. В началото имахме идея да изследваме бутилирани минерални води. Много бързо проведохме такова изследване за най-разпространените търговски марки на територията на община Вършец. Любопитството ни провокира ново изследване – да установим радиоактивността на минералните извори в община Вършец.

Целта на нашата разработка е:

Да измерим радиоактивността на водите, които хората използват в ежедневието си.

За постигането на тази цел екипът ни си постави следните задачи:

- да проучим методи за измерване на радиоактивността на водите;
- да купим уред за измерване на радиоактивни лъчения и да се научим да работим с него;
- да измерим радиоактивността на минерални и питейни води на територията на община Вършец;
- да обработим данните;
- да анализираме данните и да направим изводи.

За осъществяването на измерването се консултирахме с д-р Елена Гелева и доц. д-р Христо Протохристов от БАН. Те ни насочиха към методиката на измерване на радиоактивността на водите и ни предоставиха информация за радиоактивните води в страната ни.

2. Квант исторически сведения

Началото на радиоактивните изследвания в България е поставено от проф. Петър Пенчев. Специализирайки в Сорбоната в Париж, той има възможността да работи с Пиер Кюри, благодарение на което навлиза в изследванията на радиоактивността. Проф. Пенчев за първи път изследва радиоактивността на българските минерални води. Той сам конструира оригинални и точни уреди за измерване на радиоактивността, с които обикаля страната.

През 1939 г., след завръщането си в България, проф. Елисавета Карамихайлова също създава методики за измерване на радиоактивността на изворните води в България. Повече от десет години посвещава на изследванията на радиоактивността на минерални извори и др. Между многобройните задачи, които решава, се откроява тази за изясняване на причините за заболяването на големи групи от населението в някои райони на Северозападна България (област Монтана и община Вършец) от ендемичен нефрит.

След голям период от време, през 2014 г. минералните води на страната ни са изследвани от д-р Росица Каменова-Точева и екип от Националния център по радиобиология и радиационна защита.

От 2018 г. такива сериозни изследвания провежда д-р Елена Гелева от БАН.

3. Радиоактивност на водата

3.1. Защо водата е радиоактивна?

Радиоактивността на водата зависи от нейния произход и химичен състав. Във водата радионуклидите попадат в резултат на ерозия и разтваряне на минерали от скали или чрез инфилтриране с валежите (3). Най-често срещаните естествени радионуклиди в минерални води са ^{238}U , ^{234}U , ^{226}Ra , ^{228}Ra (естествените радионуклиди от уран-радиевия и ториевия ред), ^{40}K , ^3H , ^{222}Rn и неговите дълго живеещи дъщерни продукти ^{210}Po и ^{210}Pb .

Радонът е радиоактивен природен газ, абсолютно прозрачен, нямащ нито вкус, нито миризма. Радонът се образува в недрата на Земята в резултат на разпада на урана, който, макар в незначителни количества, влиза в състава на практически всички видове скални маси. В процеса на радиоактивния разпад уранът се превръща в радий-226 (^{226}Ra), от който на свой ред се образува ^{222}Rn . Особено високо е съдържанието на уран в **гранитните скали**. Съответно в районите, в които гранитните скали преобладават, във водите, извиращи от тях, има повишено съдържание на радон. Радонът много добре се разтваря във водата, а при контакт на подземните води с радон те бързо се насищат с него. Разтвореният във водата радон действа двойко. От една страна, той попада заедно с водата в храносмилателната система на човека, а от друга, се вдъхва, когато се отделя от водата при нейното използване (4).

3.2. Видове радиоактивност

Алфа-радиоактивността е характерна главно за тежки ядра с атомен номер $Z > 82$. Когато ядро на химичния елемент X с атомен номер Z и масово число A излъчи α -частица (хелиево ядро ^4_2He), то загубва четири нуклона (два протона и два неутрона) и се превръща в ядро на химичния елемент Y с атомен номер $Z - 2$, $^A_Z X \rightarrow ^{A-4}_{Z-2} Y + ^4_2\text{He}$ чието масово число е $A - 4$.

Най-разпространените алфа-радионуклиди, съдържащи се във вода, са: полоний-210 (^{210}Po), радий-224, радий-226, торий-232, уран-234, уран-238 и плутоний-239.

Бета-радиоактивност – при бета-разпада радиоактивното ядро излъчва един електрон и се превръща в ядро, което има същия брой нуклони (същото масово число), но атомният му номер е с една единица по-голям: $^A_Z X \rightarrow ^A_{Z+1} Y + ^0_{-1} e$ бета-разпадане.

Бета-излъчването може да причини изгаряния на кожата и е много опасно, ако източникът на бета-частици е попаднал в организма на човека.

Най-разпространените бета-радионуклиди са кобалт-60, стронций-89, стронций-90, йод-129, йод-131, цезий-134, цезий-137, олово-210 и радий-228. Съдържанието на тези радионуклиди във водата обаче не е голямо.

3.3. Гама-радиоактивно превръщане

При преминаване от състояние с по-голяма енергия в състояние с по-малка енергия ядрото излъчва фотон. Тъй като разликата в енергиите на ядрените състояния обаче е много голяма, излъчените от ядрото фотони имат многократно по-голяма енергия от фотоните, излъчени от атомите. Тези фотони с голяма енергия се наричат гама-кванти, а процесът на излъчването им от възбудените атомни ядра – гама-разпад.

Ядрата преминават във възбудено състояние в резултат на удар с друго ядро или частица, алфа-разпадане или бета-разпадане. При гама-разпада не се променя атомният номер, нито масовото число на ядрото. Ядрото само преминава в състояние с по-малка енергия. Процесът се изразява с формулата $^A_Z X^* \rightarrow ^A_Z X + \gamma$, където знакът * показва, че изходното ядро се намира във възбудено състояние (2).

4. Нашите изследвания

4.1. Дозиметрия

Радиоактивните лъчения предизвикват йонизация на атомите и молекулите и увреждат клетките на живите организми. Пораженията зависят от продължителността на облъчването и от количеството погълната радиация, наречено погълната доза-D. В системата SI единицата за погълната доза се нарича грей (Gy): $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$ (2).

Ние измервахме радиацията на водите в Сивърти (Sv). Това е мерна единица за еквивалентна доза. Еквивалентната доза е количествена мярка за очакваната радиационна опасност при облъчване на живи организми ($1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$).

Средната еквивалентна доза, която човешкият организъм поглъща за една година, е около $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ Sv}$.

4.2. Как измервахме радиоактивността

Със средствата, отпуснати по проект на УЧИ БАН, купихме детектор на радиоактивно лъчение Gamma-Easy. С този уред незабавно се отчита радиоактивно замърсяване в $\mu\text{Sv/h}$ и mSv/h . Той реагира, когато се превиши зададената стойност на алармата от $0,1 \mu\text{Sv}$. Ние измервахме гама-радиацията за период от време 3 минути и по този начин осъществявахме бързи средни измервания.

4.3. Методика на измерването

Радиацията на бутилираните води, купени от търговската мрежа, измервахме за период от време 3 минути. След отварянето на бутилката доближавахме детектора и отчитахме измерената радиоактивност. Радонът обаче дифундира през пластмасата на бутилката и капачката, поради което не открихме повишено ниво на радиация. Радонът по-трудно дифундира през стъкло и при плътно затваряне на бутилката с метална капачка. Ето защо вземахме проби в стъклени бутилки с винтови метални капачки. Правихме замервания и наместо на минерални извори и басейни.

4.4. Резултати от измерванията

4.4.1. Измерване на радиоактивността на бутилирани минерални води

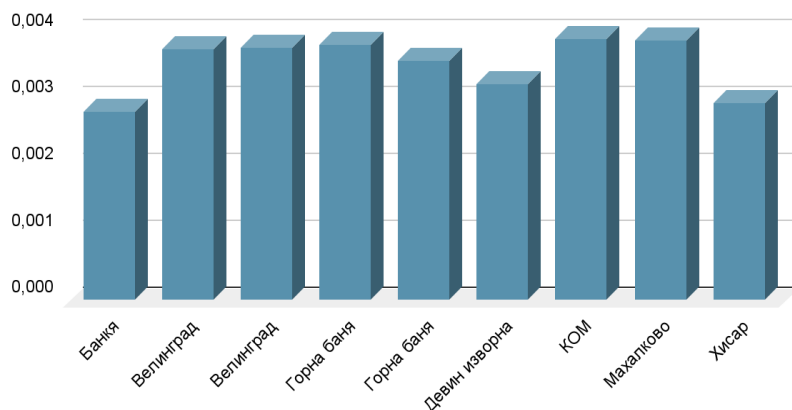
Измерихме гама-радиоактивността на следните бутилирани минерални води (вж. таблица 1 и графика 1).

Минерална вода	Произход	Измерена радиоактивност в μSv за време 3 min	Обща индикативна доза mSv/year
Банкя	Банкя, сондаж 1хг „Иваняне“	0,00283	0,01033
Велинград	Велинград, извор С-5, Горски пункт	0,00375	0,01380
Велинград	Велинград, сондаж С2	0,00378	0,01380
Горна баня	Горна баня, сондаж 4 и извор Домус дере	0,00382	0,01395
Горна баня	Горна баня, сондаж 3	0,00359	0,01311
Девин, изворна	Девин, Балдаран	0,00324	0,01183

КОМ	Бързия, община Берковица, сондаж 1	0,00391	0,01428
Михалково	Михалково, сондажи 1АВП и 1ВПК	0,00389	0,01420
Хисар***	Хисаря, извор 7	0,00295	0,01077

Таблица 1. Измерване на радиоактивността на бутилираните води

Измерена радиоактивност на бутилирани минерални води в μSv за време 3 min



Графика 1. Измерена радиоактивност на бутилирани минерални води, купени от търговската мрежа

Останахме озадачени и разочаровани от измерването, тъй като данните са сходни. След консултации с д-р Елена Гелева научихме, че ако има радиоактивност поради наличие на радон в бутилираните минерални води, той дифундира през пластмасата и с времето намалява. Освен това научихме, че има много сериозен периодичен контрол за състава на минералните бутилирани води от страна на Министерството на здравеопазването (5), от Българската агенция за безопасност на храните (БАБХ) и други институции.

Затова решихме да изследваме минералните води на територията на община Вършец

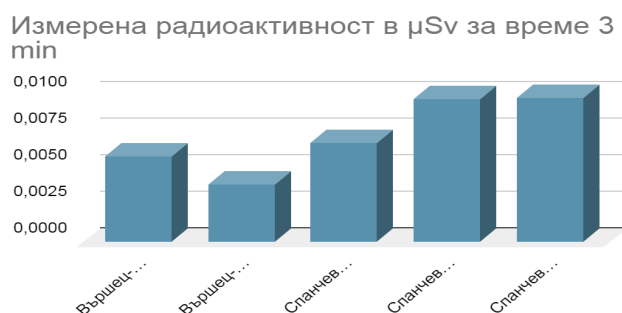
4.4.2. Изследване на радиоактивността на минералните води

На територията на община Вършец има минерални извори в град Вършец и в село Спанчевци. Минералните води в тези населени места са напълно различни по своето съдържание. В уикенда хората от областите Монтана и Враца, както и живеещи в други населени места си наливат големи количества минерална вода в пластмасови туби за седмична консумация. По-предпочитани са минералните води в село Спанчевци.

Минералната вода в град Вършец е с по-висока температура – $37,5^{\circ}\text{C}$, и с мирис на сяра. В резултат от нашите измервания установихме, че радиоактивността на минералната вода във Вършец е около два пъти по-ниска от тази на водата в Спанчевци. Изчислихме, че при ежедневна консумация на минерална вода общата годишна индикативна доза и на двата вида минерална вода е ниска и напълно в нормите за безопасност (вж. таблица 2 и графика 2).

Минерална вода	Местоположение	Измерена радиоактивност в μSv за време 3 min	Пресметната обща индикативна доза mSv/year
Вършец	Минерална чешма до поликлиниката	0,00586	0,001304
Вършец	Минерална чешма до старата аптека	0,00391	0,00714
Спанчевци	Минерална чешма в центъра	0,00673	0,012229
Спанчевци	Минерална чешма до общинския басейн (до каптаж 2)	0,00975	0,017805
Спанчевци	Минерален извор до каптаж 1	0,00981	0,01791

Таблица 2. Изследване на радиоактивността на минералните води на територията на община Вършец.

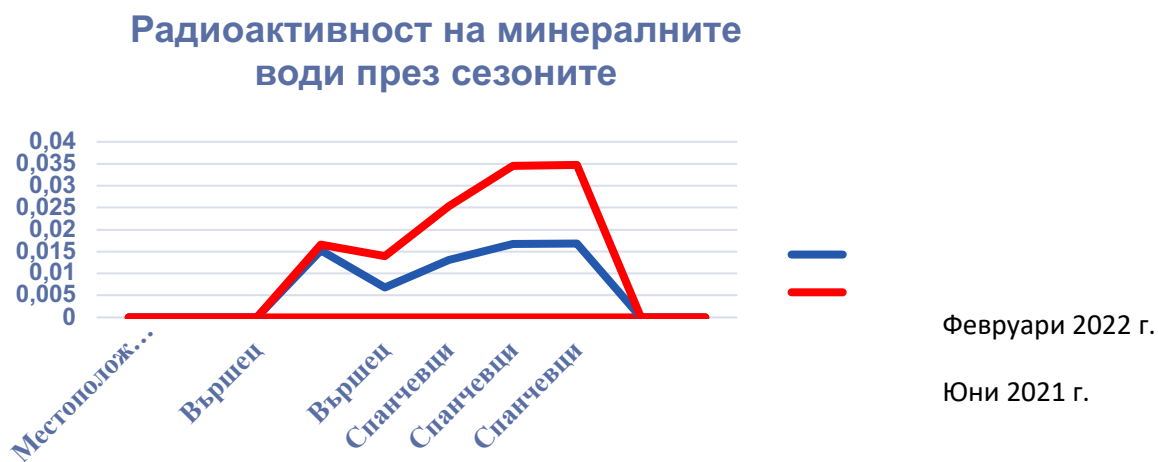


Графика 2. Изследване на радиоактивността на минералните води на територията на община Вършец

През февруари 2022 г. повторихме изследванията за радиоактивност на минералните води. Търсихме да установим дали радиоактивността на водите се променя според сезона и температурата на околната среда (вж. таблица 3 и графика 3).

Минерална вода	местоположение	Измерена радиоактивност в μSv за време 3 min февруари 2022г	Пресметната обща индикативна доза на доза mSv/year февруари 2022г:	Измерена радиоактивност в μSv за време 3 min Юни 2021	Пресметната обща индикативна доза mSv/year: Юни 2021
Вършец	Минерална чешма до поликлиниката	0,00601	0,001521	0,00586	0,001304
Вършец	Минерална чешма до старата аптека	0,00311	0,00683	0,00391	0,00714
Спанчевци	Минерална чешма на центъра	0,00693	0,013107	0,00673	0,012229
Спанчевци	Минерална чешма (до каптаж 2)	0,00881	0,016701	0,00975	0,017805
Спанчевци	Минерален извор до каптаж 1	0,00892	0,01683	0,00981	0,01791

Таблица 3. Измерена радиоактивност на минерални води в град Вършец и село Спанчевци, община Вършец, през юни 2021 г. и февруари 2022 г.



Графика 3. Изследване на радиоактивността на минералните води на територията на община Вършец през сезоните

Проведохме кратки екскурзии до град Хисаря и град Велинград – квартал „Чепино“, и измерихме радиоактивността на следните минерални извори (вж. таблица 4 и графика 4)

Минерална вода – извор	Местоположение	Измерена радиоактивност в μSv за време 3 min	Пресметната обща индикативна доза mSv/year
„Момина сълза“	Хисаря	0,00623	0,0113
„Момина баня“	Хисаря	0,01163	0,02123
„Стублата“	Хисаря	0,01101	0,02010
Беклемето	Хисаря	0,00603	0,01101
Чепино, чешма № 21	Велинград, кв. „Чепино“	0,02510	0,04583
Чепино, чешма № 22	Велинград, кв. „Чепино“	0,01107	0,02010
Чепино, чешма № 23	Велинград, кв. „Чепино“	0,01014	0,018933

Таблица 4. Измерена радиоактивност на минерални води в град Хисаря и в град Велингр

Минералните води на територията на община Вършец са с по-ниска радиоактивност от минералните води в гр. Хисаря и в гр. Велинград-Чепино



Графика 4. Изследване на радиоактивността на минерални води в град Хисаря и град Велинград

Установихме, че от измерените води най-радиоактивна е минералната вода от извор Момина баня в Хисаря и водата от чешма № 21 от Велинград, кв. „Чепино“. И трите чешми са от един извор, на една тръба. Намалването на радиоактивността означава, че радонът се отделя от водата с отдалечаването на източника ѝ.

За да сме по-сигурни в достоверността на нашите измервания, проучихме радиологичните показатели на изследваните от нас води. Всички те са изследвани в периода 2014 – 2019 г. и данните са предоставени в интернет от Министерството на здравеопазването. От това проучване се вижда, че годишните еквивалентни дози са близки до нашите изчисления (вж. таблица 5).

Минерална вода, местоположение	Обща α-радиоактивност	Обща β-радиоактивност	Радий-226	Радон-222	Обща индикативна доза
Спанчевци Минерален извор до каптаж 1 (6)	0,154 ± 0,017 Bq/l	0,096 ± 0,010 Bq/l	0,092 ± 0,026 Bq/l	20,38 ± 1,67 Bq/l	0,021 ± 0,05 mSv/year
Вършец (7)	0,030 ± 0,0012 Bq/l	0,096 ± 0,027 Bq/l	0,068 ± 0,025 Bq/l	Няма	0,0139 ± 0,0051 mSv/year
Хисаря – извор 7 (9)	0,11 ± 0,02 Bq/l	0,16 ± 0,03 Bq/l	0,05 Bq/l		0,010 ± 0,006 mSv/year
Чепино (8)	0,075 ± 0,012 Bq/l	0,074 ± 0,010 Bq/l	0,111 ± 0,033 Bq/l	263 ± 31 Bq/l	< 0,1 mSv/year

Таблица 5. Радиологични показатели на изследваните минерални води по данни от МЗ

От таблица 5 виждаме, че най-радиоактивна е водата в кв. „Чепино“ – Велинград. Тя съдържа и най-много радий и радон.

4.4.3. Изследване на радиоактивността на водата в минералните басейни на територията на община Вършец

В град Вършец изследвахме радиоактивността на минералната вода на откритите басейни през летните сезони в спа центровете, с любезното съдействие на техните управители и собственици. Резултатите от това изследване са представени в таблица 6 и графика 5.

Местоположение	Спа център	Измерена радиоактивност в μSv за време 3 min
Вършец	„Съни-гардън“	0,00366
Вършец	Балнеохотел „Тинтява“	0,00437
Вършец	Хотел „Медикус“	0,00196
Вършец	Хотел „Ата“	0,00359
Спанчевци	Открит общински басейн	0,00632
Спанчевци	Комплекс „Тодорини кукли“	0,00554
Спанчевци	Спа комплекс „Минкови бани“	0,00593

Таблица 6. Измерена радиоактивност на минералната вода на откритите минерални басейни на територията на община Вършец

От таблица 6 се вижда, че радиоактивността на минералните води в басейните е значително понижена спрямо водите в минералните чешми и изворите.



Графика 5. Измерена радиоактивност на минерални води на откритите минерални басейни на територията на община Вършец

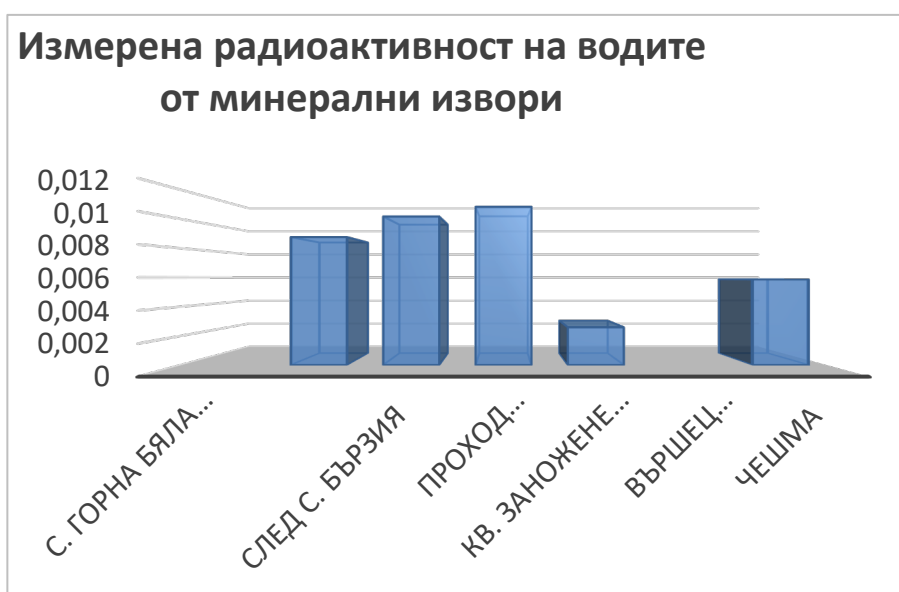
4.4.4. Измерване на радиоактивността на питейни изворни води

През последните години доста хора предпочитат консумация на изворни води пред тази на минерални води. Такива изворни чешми има по пътя за прохода Петрохан

и в почти всяко село на общината: Горна Бяла речка, квартал „Заножене“ на град Вършец и др. Измерената радиоактивност на някои от тези изворни води се оказва по-висока, отколкото тази на минералните води.

Местоположение	Измерена радиоактивност в μSv за време 3 min
Горна Бяла речка	0,00876
След село Бързия	0,01017
Проход Петрохан	0,01083
Кв. „Заножене“ – Беклемето	0,00259

Таблица 7. Измерена радиоактивност на изворни води



Графика 6. Измерена радиоактивност на изворни води

Анкетирахме 166 души на възраст от 13 до 62 години. Анкетирани са от местното население и от съучениците ни. От тях най-голям процент – 40%, консумират ежедневно изворна вода, 28,5% консумират вода от водопроводната мрежа, а 23,5% от анкетирани предпочитат за ежедневна консумация минерална вода от град Вършец (вж. таблица 8 и графика 7).

Брой анкетиранни	възраст	минерал на вода от Вършец	минерал на вода от Спанчевци	изворна вода	водопроводната мрежа
23	13	20%	10%	50%	20%
15	16	17%	15%	31%	37%
19	17	39%	18%	28%	15%
109	30 - 62	18%	32%	51%	42%
Всичко: 166	13-62	23,5%	18,3%	40%	28,5%

Таблица 8. Анкета за предпочитана вода за ежедневна консумация

Графика 7. Анкета за предпочитана вода за ежедневна консумация



5. Изводи

В резултат на нашите измервания установихме следното:

1. **Минералните води, които изследвахме, са с ниска радиоактивност.** Изчислените общи годишни дози в резултат на измерванията ни са много по-ниски от средната еквивалентна доза, която човешкият организъм поглъща за една година от естествения радиационен фон – **1,5 m Sv**. **Следователно изследваните от нас минерални води по отношение на своята радиоактивност са подходящи за ежедневна консумация, както и за балнеолечение.**

2. **Минералните води на територията на община Вършец са с по-ниска радиоактивност** от минералните води в град Хисаря и в град Велинград – кв. „Чепино“. В минералната вода в град Вършец напълно отсъства радон-222. В минералната вода от село Спанчевци количеството радон-222 е около два пъти по-ниско от това на горещите минерални води в град Хисаря и четири пъти по-ниско от това на изворите в град Велинград – кв. „Чепино“. **Това се обяснява с карстовата структура на скалните маси в тази част на Северозападния Балкан. В кв. „Чепино“ и в Хисаря скалните маси са с преобладаващи гранитни структури.**

Както споменахме в началото на нашето изследване, град Вършец се намира в геопатогенна зона, която през първата половина на 20. век е била известна с местната ендемична балканска нефропатия – обект на проучване и на проф. д-р Елисавета Карамихайлова. Но през втората половина на 20. век източниците на питейни води се променят, в резултат на което балканската нефропатия почти е изчезнала.

3. **Изворните води в близост до град Вършец, които стават все по-популярни за консумация, са с по-висока радиоактивност от минералните води.** Това обясняваме с факта, че тези води са повърхностни и затова могат да се замърсяват по-лесно. Минералните води се извличат от каптажи от голяма дълбочина и това прави тяхната радиоактивност по-ниска и постоянна.

4. **Не открихме високорадиоактивни бутилирани минерални води.** Както вече посочихме, бутилираните минерални води са обект на сериозен контрол от различни институции. Така опровергахме твърденията за висока радиоактивност на определени марки бутилирани минерални води.

5. **Минералните басейни са с изключително ниска радиоактивност.** Предполагаме, че радонът се отделя във въздуха от минералните води.

6. Радиоактивността на водите зависи от температурата на околната среда.

Установихме, че през летните месеци радиоактивността на минералните води е висока, отколкото през зимните месеци.

6. Радиоактивността на водите зависи от температурата на околната среда. Установихме, че през топлите летни месеци радиоактивността на минералните води е по-висока отколкото през зимните студени месеци.

11.09.2017г.

Measurement of maximum temperature: 32°

Old Record: 30° - 2011 г.

Normal: 24°

13.12.2017г.

Measurement of maximum temperature: 15°

Old Record: 14° - 2000

Normal: 4°

26.2.2018г.

Measurement of minimum temperature: -10°

Normal: -1°

Old Record: -9° - 1983 г.

14.04.2018г.

Measurement of maximum temperature: 27°

Old Record: 23° - 2017 г.

28.10.2019г.

Measurement of maximum temperature: 29°

Old Record: 28° - 1948г.

07.11.2019г.

Measurement of maximum temperature: 25°

Old Record: 20° - 2012 г.

21.12.2019г.

Measurement of maximum temperature: 23°

Old Record: 20° - 2012 г.

01.02.2020г.

Measurement of maximum temperature: 18,2°

Old Record: 17° - 1948 г.

26.02.2020г.

Measurement of maximum temperature: 20,4°

Old Record: 20,2° - 1990 г.

01.09.2020г.

Measurement of maximum temperature: 37,5°

Old Record: 37,2° - 1952 г.

New Records

Global Warming Warning



През

миналите учебни години наши съученици с помощта на метеорологична станция в училището и на сензори за температура и налягане на „Ардуино нано“ установиха, че от 2017 г. досега всяка година се коригират 100-годишните рекорди за

висока температура. Следователно може да се говори за глобално затопляне. Бихме могли да направим извод, че с нарастване на средната годишна температура нараства и радиоактивността на водите. В такъв случай при прекомерна употреба на минерални радонови води годишната еквивалентна доза ще бъде над безопасните стойности за консумиращите водата.

6. Заключение

Работата по проекта беше интересна и мотивираща, научихме много.

Специално благодарим на д-р Елена Гелева от БАН, която ни оказа неоценима помощ с материали, напътствия и преки консултации в град Вършец. Благодарим и за указанията на доц. д-р Христо Протохристов относно методиката на измерване на минералните води.

7. Използвани източници

1. **Симова, П.** (съст.). Бележити български физици. София: Народна просвета, 1981.
2. **Максимов, М.** Физика и астрономия за 10. клас. София: Булвест 2000.
3. <https://www.inrne.bas.bg/plugins/content/downloadfile/assets/download.php?file=/var>
4. <https://www.nikol-n.bg/water-problems/inorganic-impurities.html>
5. <https://www.mh.government.bg/bg/administrativni-uslugi/produkti-sas-znachenie-za-zdraveto/mineralni-vodi/sertifikat-mineralna-voda-ot-konkreten-vodoiztochnik/>
https://www.mh.government.bg/media/filer_public/2019/06/20/96-spanchevci-sondazh2hg-31-08-2018.pdf
6. https://www.mh.government.bg/media/filer_public/2019/06/14/26-varshec-sondazh4-06-10-2014.pdf
7. https://www.mh.government.bg/media/filer_public/2020/05/20/169-velingrad-chepino-kei2-nov_kaptazh-19-05-2020.pdf
8. https://www.mh.government.bg/media/filer_public/2019/06/19/59-hisarya-sondazh3-19-06-2017.pdf