

Аналіз даних детальних спостережень із листопада 2006 р. по серпень 2007 р. показує тісний зв'язок руху води в зоні аерації (на підставі оцінки коливання рівнів ґрунтових вод) із зміною основних компонентів клімату (температури, вологості, іонного середовища, статичних електричних полів), у відповідність із сезонною зміною кліматичних умов в результаті чого виділені сезонні режими впливу електричних і температурних енергій на зміну РГВ.

Висновки. Експериментальні дані дослідження свідчать, що: 1) Електричні струми, напруга і напруженість поля більш сильно виражені в межах аномальних зон ніж на фонових ділянках. Про вплив електричних струмів у мікрогеодинамічних зонах на аномально високій масообмін свідчать, в першу чергу, дані високих струмів в їх межах; 2) встановлено, що у більшості випадків на значні коливання рівнів ґрунтових вод в аномальній зоні у висхідному і низхідному напрямках впливають електричні потенціали (іони), які формуються на границі різкотемпературних повітряних мас (при зміні погодних умов) та ін. 3) серйозним підтвердженням висунутої тези є певна синхронність у зміні електричних струмів, заміряних на полігоні, і величин інфільтрації, зафіксованих в лабораторних умовах; 4) суттєвим підтвердженням гіпотези про особливу геологічну дію електричних струмів є порушення структурних зв'язків в елементарних частинках у межах мікрогеодинамічних зон (визначених електронним мікроскопом), руйнація і винесення за межі западинних морфоскульптур твердої фази порід, особливо кремнезему; 5) загальна мінералізація першого водонесного горизонту в центральній частині западинної форми у 2-4 разів нижча ніж на фоновій ділянці; 6) в аномальній зоні постійно (в залежності від певних умов) формуються депресивні воронки і купола розтікання.

Водні розчини в геологічному середовищі досить чутливі до зміни електромагнітних полів і електричних потенціалів. Ритми електричного поля, що формуються під впливом сонячної радіації відіграють значну роль у геологічних процесах. Вирішення даної наукової проблеми дасть можливість вирішувати ряд актуальних на сьогодні практичних задач, які відносяться до екології, гідрології, інженерної геології, геоморфології, ґрунтознавства, кліматології, біології, тощо. Дослідження електромагнітних явищ в атмосфері і літосфері розширюють пізнання природи електричних сил, які взаємодіють з гравітаційними, тепловими, магнітними і керують усіма процесами в геосфері.

1. Купінов К.А. Вращение Земли. – М. Недра, 1985. – 159 с. 2. Чернявский Е.А. Электрическая буря. Бюл. САГУ, 1925 №10, С. 157-162. 3. Бончакский В.Ф. Изменение градиента электрического потенциала атмосферы как один из предвестников землетрясений. Тр. Геофиз. ин-та АН СССР, М. Изд-во АН СССР, 1954. №25 (152). С. 192-205. 4. Баласанян С.Ю. Динамическая геологическая. Новосибирск, «Наука» Сибирское отделение. 1990. 231 с. 5. Ивниченко И.М. Электрические поля в свободной атмосфере. Труды ГГО, вып. 35 (97). Изд-во АН СССР, Л. 1952. 6. Спенсер О.И. Происхождение и поведение природных и техногенных возмущений земных токов (БЕЗ) атмосферы. // Международная конференция "Глобальное состояние литосферы и нефтегазовое использование недр Земли". – Киев, 1996а. С. 265-266. 7. Чаловский Е.Г. Инженерная геология. М., «Высшая школа», 1975. 296 с. 8. ґрунтоведение. Под ред. Е.М. Сергеева. Изд. Моск. ун-та, 1971. 595 с. 9. Бубль В.Н., Шестопалова В.М. Аномальные зоны и их роль в перераспределении радиоактивного излучения на поверхности почвы и подземные воды. Монография. Водобюль в гидрогеологических структурах и чернбыльских катастрофах. Ч. 1. Распространение чернбыльских радиоактивных излучений в гидрогеологических структурах. Киев, 2001. С. 251-356. 10. Ивниченко И.М. Проблемы и методы для изучения электрических атмосфер. М., Л., ГТТИ, 1957. 483 с. 11. Дзюнов Н.Е., Жернов И.Е., Фабзбенко Б.А. Термодинамические методы изучения водного режима зоны аэрации. М., Недра, 1987, 177 с. 12. Водобюль в гидрогеологических структурах Украины. // Водобюль в естественных условиях. Под ред. Шестопалова В.М., «Наук. думка» Киев, 1989. 285 с. 13. Бабиченко А.Е. Радиоизотоп. II. Особенности состава порохов растворов из осадочных пород различных геоструктурных районов СССР. // Материалы Всесоюз. конф. "Влияние порохов вод на физико-механические свойства пород". Киев: "Наук. думка", 1974. С. 7-16.

Надійшла до редакції 03.03.08.

УДК 550.424.4

В. Долик, д-р геол. наук, О. Пушкар'єв, канд. геол.-мін. наук, О. Ізук, ст. наук, співроб.,
О. Дікарс, мол. наук, співроб., Д. Стеценко, асп., В. Бобков, канд. хім. наук

ЗАКОНОМІРНОСТІ ПОШИРЕННЯ ТРИТІЄВОГО ЗАБРУДНЕННЯ У ПІДЗЕМНИХ ВОДАХ ЗОНИ ВПЛИВУ СХОВИЩА РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ

Засобами ГІС розраховано параметри динаміки радіогадрогеохімічної аномалії тритію у верхньочетвертинному водонесному горизонті в зоні впливу Київського сховища радіоактивних відходів. Вихід геоінфільтраційного потоку підземних вод з концентрацією тритію вище допустимої в зону розриву може відбутися через 6 - 10 років. Аналіз міжнародного досвіду вивчення радіобіологічних властивостей тритію свідчить про необхідність нагального перегляду тритійових нормативів в Україні.

Parameters of radiohydrogeochemical anomaly dynamics of Top-Quaternary waterproof horizon contamination with Tritium within zone of impact of Kyiv radioactive waste facility have been determined using GIS instruments. The front of highly contaminated underground water infiltration flux will reach discharge zone during next 6-10 years. Analysis of international experience in Tritium Radiobiology testifies to urgent need of revision of Ukrainian Tritium standards.

Вступ. Тритій є одним з найбільш поширених легких радіоактивних ізотопів. Природний тритій утворюється у верхніх шарах атмосфери під дією космічних променів у кількості $3,6 \cdot 10^{16}$ Бк/к³ в кожній пікулі. Загальна кількість природного тритію в біосфері з урахуванням розпаду становить $1,3 \cdot 10^{16}$ Бк.

Основним джерелом техногенного тритію стали ядерні випробування у другій половині минулого століття. Протягом 1947-1979 рр. у біосфері надійшло близько $2,4 \cdot 10^{20}$ Бк ³Н, що майже в 200 разів перевищує вміст природного. Більша частина його з тих пір розпалася, проте близько $2 \cdot 10^{19}$ Бк лишилося у навколишньому середовищі і головним чином розчистено в океані. Сучасні джерела техногенного тритію передусім визначаються розвитком ядерної енергетики: його викиди в навколишнє середовище відбуваються як в процесі штатної експлуатації реакторів, так і внаслідок переробки ядерного палива.

Складування та зберігання тритійових відходів здійснюється у спеціально обладнаних приповерхневих сховищах. Навіть в Україні 5 АЕС і 5 регіональних сховищ радіоактивних відходів, які є потенційними джерелами тритійового забруднення біосфери, визначають високу актуальність проблеми біогенної міграції тритію у тротійні ландшафти та надійної ізоляції тритійових відходів. Запаси тритію у сховищах спецкомбінатів перевищують $1,5 \cdot 10^{16}$ Бк, основна частина яких зберігається на Київському і Харківському спецкомбінатах. Ці сховища, збудовані на початку 60-х років з проектним запасом міцності 30 років, на даний час частково втратили герметичність та в умовах обводнення з потенційного джерела тритійового забруднення перетворилися у реальне. На Київському та Харківському МСК зафіксовано радіаційні аварії, що призвело до забруднення горизонту підземних вод до рівня 10^7 Бк/дм³.

© В. Долик, О. Пушкар'єв, О. Ізук, О. Дікарс, Д. Стеценко, В. Бобков, 2008

Характеристика геологічного середовища в зоні розташування Київського міжобласного спецкомбінату (КДМСК).

Територія сховища та його санітарно-захисна зона загальною площею 160,2 га розташовані в центральній частині землекористування КСП «Хотіський» в південно-східному напрямку від м. Києва. З західного боку санітарно-захисної зони розташовано с. Хотів та землі Хотіського лісництва, з північної – землі КСП та Київської міськради, зі східного та південного – с. Пирогів та землі КСП. Під'їзд з боку Києва здійснюється через с. Пирогів асфальтованою дорогою.

КДМСК, розташований в 2 км від центру с. Пирогів Харківського району м. Києва, побудовано та введено в експлуатацію в 1962 р. Санітарно-захисна зона (СЗЗ) встановлена в 1990 р. радіусом 500 м від сховищ ПЗРВ. До СЗЗ входять майданчик ПЗРВ площею 9,4 га, ліс – 57,1 га, ягідники, сінокоси та пасовища – 9,8 га. Решта 83,9 га СЗЗ для господарської діяльності непридатна, господарська діяльність в межах СЗЗ заборонена.

Територія СЗЗ КДМСК відноситься до лісостепової зони правобережної частини Придніпровської височини. В геоморфологічному відношенні місцевість розташована в межах ерозійно-аккумулятивної лесової рівнини (Київська плато). Рельєф поверхні хвилястий, розчленований короткими і широкими балками, схили яких задерновані і заліснені. Уклони рельєфу на більшій частині території становлять 5-15°. Для місцевості характерна значуща площинна ерозія, у зв'язку з чим на західній окраїні СЗЗ схили балок місцями порізані ярами. Швидкість зростання ярів не перевищує 3 м на рік. Абсолютні відмітки поверхні землі становлять 160-170 м на вододільних схилах та 99-110 м по днищах балок. Безпосередньо майданчик КДМСК розташовано на куполовидному піднятті рельєфу з абсолютними відмітками до 170 м.

На відстані 250-300 м в північному напрямку вздовж промайданчика КДМСК протікає струмок Віта, що впадає в однойменну річку, яка є притокою Дніпра. Відстань до долини р. Дніпро становить 1,6 км. Швидкість течії в струмку становить $0,1 \text{ м} \cdot \text{сек}^{-1}$. Ширина заплави струмка в межах СЗЗ становить 80-160 м. Заплава частково заболочена, характерна рослинність – комиш, осока. Рослинність незаболочених ділянок заплави представлена лучними травами. Площа водозбору в межах СЗЗ становить 445,4 га. Середньорічний поверхневий стік з 1 га площі становить 1310 м^3 .

В геоструктурному відношенні район розміщений на північно-східному схилі Українського кристалічного щита. В будові приймають участь сучасні елювіально-делювіальні ґрунтові відклади (edIV), четвертинні алювіальні (alIV) та верхньочетвертинні еолово-делювіальні (vdlII) утворення, відклади полтавської свити середнього міоцену (N₁pI), київської (Pg₂kv) і буцацької (Pg₂bc) свит еоцену.

Відклади буцацької свити середнього еоцену представлені алевритами (сулісками), щільними, зеленувато-сірими, пилуватими пісками потужністю 15 і більше метрів. Вище залягає досить потужний (до 30 м) шар мергельних глин київської свити. В долині струмка поверхня цих відкладів знаходиться на глибині 17-20 м, на схилах плато глибина залягання збільшується.

Відклади полтавської свити середнього міоцену, що перекривають мергельні глини київської свити представлені шаром пилуватих та дрібнозернистих пісків мають невитриману потужність (1-9 м і більше). В долинах р. Дніпро, струмка Віта, а також на ділянці сховищ твердих радіоактивних відходів на майданчику ПЗРВ вони виклинюються і тут, на породах київської свити верхнього еоцену, залягають верхньочетвертинні відклади.

Вище, в межах лесової рівнини, повсюдно під ґрунтово-рослинним шаром розповсюджені верхньочетвертинні еолово-делювіальні відклади, представлені у верхній частині товщі палево-жовтими лесами і сулісками потужністю від 8 до 19 м. Нижче їх змінюють піски пилуваті, що місцями перешаровуються сулісками, загальною потужністю 2-8 м.

Алювіальні відклади в долинах рік представлені нерозчленованими сучасно-середньочетвертинними пісками у верхній частині з прошарками глинистих ґрунтів, а в долині струмка Віта складені сучасними четвертинними глинистими ґрунтами з прошарками піску, загальною потужністю до 5 м.

В районі розташування ПЗРВ КДМСК на досліджувану глибину поширені такі водоносні горизонти:

- водоносний горизонт четвертинних алювіальних відкладів (alIV);
- водоносний горизонт верхньочетвертинних еолово-делювіальних відкладів (vdlII);
- водоносний горизонт відкладів полтавської свити середнього міоцену (N₁pI);
- водоносний горизонт відкладів верхньої частини київської свити верхнього еоцену (Pg₂kv);
- водоносний горизонт відкладів буцацької свити середнього еоцену (Pg₂bc).

Водоносний горизонт четвертинних алювіальних відкладів приурочений до долин р. Дніпро і струмка Віта. Водонасичуючі породи – піски з прошарками глинистих ґрунтів. Горизонт безнапірний, гравітаційно зв'язаний з водами рік. Живлення здійснюється, в основному, за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, а також підживлення водами інших горизонтів, що виклинюються в бортах долин і дренуються ріками і струмками. Горизонт не захищений від поверхневого забруднення.

Водоносний горизонт верхньочетвертинних еолово-делювіальних відкладів не має повсюдного поширення. Водонасичуючими є піски і суліски. Площа поширення і глибина залягання можуть змінюватися в залежності від кількості атмосферних опадів, що є основним джерелом живлення водоносного горизонту. Горизонт безнапірний.

Водоносний горизонт відкладів полтавської свити середнього міоцену приурочений до пісків. Глибина залягання поверхні водоносного горизонту 13-16 м, потужність 6-7 м. Живлення здійснюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів. Сезонні коливання рівнів ґрунтових вод 1,0 м. Води практично безнапірні. Дебіт колодязів не перевищує 0,1 л/с, оскільки горизонт частково дренований байраково-балковою сіткою. Водоносний горизонт виклинюється в долинах рік.

Водоносний горизонт у верхній частині відкладів київської свити верхнього еоцену приурочений до тонких прошарків піску в суглинку, його поширення обмежене. Горизонт малопотужний, безнапірний.

В зв'язку з відсутністю розділювального шару між горизонтом верхньочетвертинних відкладів, полтавським водоносним горизонтом і горизонтом верхньої частини київської свити вони утворюють єдиний водоносний комплекс (верхньочетвертинний – верхньоеоценовий). Комплекс умовно захищений від поверхневого забруднення і тому обмежений для побутового використання.

Водоносний горизонт буцацьких відкладів замкнутий у лиуватих лісах і супісках. Глибина залягання горизонту від 15 до 60 м в долині р. Дніпро. Води напірні, величина напору складає 6-10 м. П'єзометричні рівні установлюються на абсолютних відмітках 94-95 м. Живлення горизонту відбувається за рахунок перетікання води із водоносних горизонтів, що лежать вище, а також в долині р. Дніпро за рахунок інфільтрації атмосферних опадів.

Розділювальним водотривним шаром між верхньочетвертинно-верхньоеоценовим водоносним комплексом і буцацьким водоносним горизонтом є товща київських мергельних глин, за винятком долини р. Дніпро, де ці глини розмиті і тому буцацький горизонт тут не захищений від поверхневого забруднення на відміну від водороздільних і схиллових областей.

Буцацький горизонт є основним для централізованого водопостачання.

Грунтовий покрив земель території розміщення ПЗРВ і санітарно-захисної зони представлений переважно ґрунтами опідзоленого типу, формування яких відбувалося на лесових відкладах. Ґрунти, сформовані на лесах, мають добру капілярність. Характерною особливістю лесів є відносно високий вміст в них карбонатів кальцію.

Алювіально-делювіальні відклади утворюють ґрунти в днищах балок і в місцях постійних водотоків, вони складені з наносів ґрунту, що змиваються з прилеглих схилів. Байраково-балкова система добре дрениє територію, утворюючи глибокі місцеві ділянки ерозії. Байраки і балки прорізують четвертинні, а місцями і третинні відклади.

Тритієве забруднення верхньочетвертинного водоносного горизонту. На Київському ДМСК УкрДО "РАДОН" значну увагу приділяють моніторингу тритію, який входить до складу води, і таким чином може відображати ступінь радіокологічного впливу сховищ радіоактивних відходів (РАВ) на навколишнє середовище, а також наслідок того, що саме тритій утворює найбільший внесок у сумарну величину радіоактивності РАВ, накопичених у сховищах. Загальна активність завантажених у сховища тритієвих відходів становила $5,4 \times 10^{15}$ Бк, що в розрахунку на 01.01.06 становить $4,57 \times 10^{15}$ Бк.

Проектний термін експлуатації сховищ Київського ДМСК УкрДО «Радон», розрахований на 30 років, вийшов на початку 90-х років. Подальша експлуатація призвела до часткової розгерметизації сховищ та утворення гідрогеофільтраційного потоку забрудненої тритією води. При проведенні радіогідрогеофільтраційного моніторингу фахівцями Київського ДМСК УкрДО «Радон» в 1993 році була виявлена радіоізогідогеохімічна аномалія у верхньочетвертинному-верхньоеоценовому водоносному комплексі (ed III - Np I) під сховищами твердих РАВ (рис. 1а) з активністю тритію, що багатократно перевищує рівень $DK_B^{расч}$, який, згідно [1], становить $30000 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-3}$.

Згідно даних, отриманих при бурінні контрольно-спостережних свердловин на території ПЗРВ поверхня водотривкого горизонту під сховищами РАВ має незначне куполоподібне підняття з переважним нахилом в бік струмка, що забезпечує слабонапірний водотік у верхньочетвертинному водоносному горизонті та його розвантаження в правому борту долини і далі в ручай. Відстань від проекції сховищ на рівень водотривкого горизонту до найближчого місця розвантаження становить близько 300 м.

Визначення динаміки поширення тритію в зоні аерації (ЗА) та ґрунтових водоносних горизонтах (ГрВГ), а також його накопичення в ґрунтовому міграційному просторі має першочергове значення для оцінки захисної здатності геологічного середовища та ступеня радіокологічного впливу КДМСК на прилеглі території. Вихідними даними для проведення такого аналізу послужили середньорічні величини питомої активності нукліда у водоносному горизонті, отримані службою радіаційної безпеки КДМСК за 1993-2006 рр. при моніторингу вмісту тритію у воді 24 спостережних свердловин, розташованих у межах промайданчика ПЗРВ.

Довготривале функціонування гідрогеофільтраційного потоку тритію у системі «ЗА – ГрВГ» обумовило його виявлення на відстанях, що значно перевищують планові розміри ємностей і навіть території ПЗРВ. Аналіз даних радіоізогідогеохімічного моніторингу за період 1993 – 2006 років дав можливість окреслити певну структуру та динаміку поширення тритію в ГрВГ. Слід відзначити, що за час моніторингу спостерігалось стійке підвищення концентрації тритію у воді більшості свердловин.

У загальній структурі гідрогеофільтраційного потоку тритію, яка значною мірою визначається структурою поверхні водотривкого горизонту простежується 2 головні напрямки – на північний схід і південний захід, а також, незначною мірою, – в східному напрямку. Співставлення планових розмірів радіоізогідогеохімічних аномалій визначених для різних років моніторингу дає можливість зробити однозначний висновок про стійку динаміку збільшення інфільтраційного потоку тритію із сховищ РАВ. Про це свідчить також структура приросту вмісту тритію в ГрВГ з 1993 по 2006 роки. Наразі фронт аномалії у контурі $DK_B^{расч}$ вже вийшов за межі промайданчика КДМСК та поширюється в північно-західному та південно-східному напрямках в бік зони розгуку (рис. 1б).

Згідно даних, отриманих при бурінні контрольно-спостережних свердловин на території ПЗРВ поверхня водотривкого горизонту під сховищами РАВ має незначне куполоподібне підняття з переважним нахилом в бік струмка, що забезпечує слабонапірний водотік у верхньочетвертинному водоносному горизонті та його розвантаження в правому борту долини і далі в ручай. Відстань від проекції сховищ на рівень водотривкого горизонту до найближчого місця розвантаження становить близько 300 м.

Визначення динаміки поширення тритію в зоні аерації (ЗА) та ґрунтових водоносних горизонтах (ГрВГ), а також його накопичення в ґрунтовому міграційному просторі має першочергове значення для оцінки захисної здатності геологічного середовища та ступеня радіокологічного впливу КДМСК на прилеглі території. Вихідними даними для проведення такого аналізу послужили середньорічні величини питомої активності нукліда у водоносному горизонті, отримані службою радіаційної безпеки КДМСК за 1993-2006 рр. при моніторингу вмісту тритію у воді 24 спостережних свердловин, розташованих у межах промайданчика ПЗРВ.

Довготривале функціонування гідрогеофільтраційного потоку тритію у системі «ЗА – ГрВГ» обумовило його виявлення на відстанях, що значно перевищують планові розміри ємностей і навіть території ПЗРВ. Аналіз даних радіоізогідогеохімічного моніторингу за період 1993 – 2006 років дав можливість окреслити певну структуру та динаміку поширення тритію в ГрВГ. Слід відзначити, що за час моніторингу спостерігалось стійке підвищення концентрації тритію у воді більшості свердловин.

У загальній структурі гідрогеофільтраційного потоку тритію, яка значною мірою визначається структурою поверхні водотривкого горизонту простежується 2 головні напрямки – на північний схід і південний захід, а також, незнач-

ною мірою, – в східному напрямку. Співставлення планових розмірів радіогідрогеохімічних аномалій визначених для різних років моніторингу дає можливість зробити однозначний висновок про стійку динаміку збільшення інфільтраційного потоку тритію із сховищ РАВ. Про це свідчить також структура приросту вмісту тритію в ГрВГ з 1993 по 2006 роки. Наразі фронт аномалії у контурі $DK_{\text{B}}^{\text{трет}}$ вже вийшов за межі промйайданчика КДМСК та поширюється у північно-західному та південно-східному напрямках в бік зони розгрузки (рис. 16).

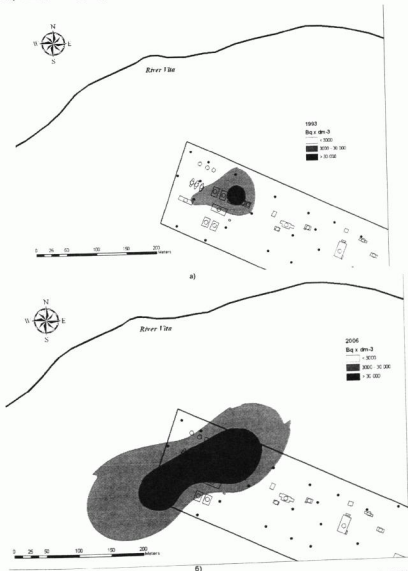


Рис. 1. Гідрогеохімічна аномалія тритієвого забруднення підземних вод: а – станом на 01.01.1994 р., б – 01.01.2007; точками показано розташування спостережних свердловин

Закономірності просторового поширення тритієвого забруднення геосінфільтраційним шляхом у водонасному горизонті С33, враховуючи особливості геологічної будови місця розташування сховищ ПЗРВ, з високою достовірністю ($R^2 > 0.9$) апроксимуються лінійними залежностями (рис. 2).

$$S = 791t - 1343, \quad (1)$$

$$l = 13.3t + 8.01, \quad (2)$$

де S – площа аномалії, m^2 , l – довжина аномалії найбільшого перетину з північного заходу на південний схід (див. рис. 16), m , t – час, роки.

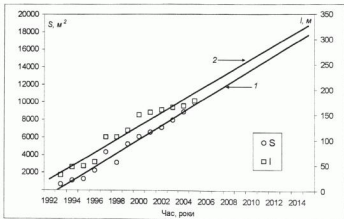


Рис. 2. Поширення радіоїддрогохімічної аномалії тритієвого забруднення підземних вод: 1 – площа аномалії S (по лівій осі); 2 – довжина аномалії l з північного заходу на південний схід (по правій осі).

За цими рівняннями неважко розрахувати, що активне надходження тритію у геологічне середовище унаслідок розгерметизації сховищ радіоактивних відходів та проникнення атмосферних опадів у тіло захоронення, почалося в період 1990-1992 рр. Станом на початок 2007 р. площа аномалії поширення тритієвого забруднення ґрунтового вододонного горизонту понад $30\,000\text{ Бк}\cdot\text{дм}^{-3}$ становить близько $10\,000\text{ м}^2$. Враховуючи, що середня потужність вододонного горизонту дорівнює 6 м , розрахований загальний об'єм підземних вод, забруднених вище значень $DK_{\text{доп}}^{\text{тр}}^{\text{вод}}$, становить наразі близько $60\,000\text{ м}^3$.

За результатами ПС-аналізу середньорічних даних радіоїддрогохімічного моніторингу виявилось можливим дати прогноз розвитку структури геонфільтраційного потоку тритію в ГрВГ. Прогнозна оцінка розширення площі та довжини аномалії свідчить про можливість виходу геонфільтраційного потоку НТО з концентрацією тритію вище $30\,000\text{ Бк}\cdot\text{дм}^{-3}$ в зону розгрузки на відстань 300 м у ручай Віта (який є притокою р. Дніпро) через $6 - 10$ років. При цьому очікується, що площа аномалії може зрости до $18\,000\text{ м}^2$. Прогнозоване зростання об'єму забруднених підземних вод становить близько 5000 м^3 щорічно.

Значний інтерес викликає факт наявності поряд зі зонами активного приросту концентрацій тритію у підземних водах, ореолів, де концентрації тритію у підземних водах не підвищуються (рис. 3). Наявність зон самоочищення підземного вододонного горизонту, певне, пов'язана з його будовою, характером інфільтраційного потоку радіоактивно забрудненої води та режимом руху підземних вод з фоновою концентрацією тритію.

Тритієві нормативи. Значний вміст природного тритію в біосфері, низька енергія β -випромінювання зумовили введення високих нормативів тритієвого забруднення джерел водопостачання та питної води. Ще два десятиліття тому в Канаді діяв норматив, близький до сучасного українського – $40\,000\text{ Бк}\cdot\text{дм}^{-3}$. Проте низькою досліджень було показано, що біологічна дія тритію досі недооцінювалася. У разі заміщення атому протію на тритій під дією β -випромінювання в молекулах амінокислот розриваються водневі зв'язки, що веде до зміни просторової орієнтації таких складних молекул, як білки та ДНК. Крім того, при розпаді тритію утворюється ^3He , що веде до трансформації амінокислот в окси-мутагенну форму. Нашими дослідженнями показана також наявність прямого зв'язку між вмістом органічно зв'язаного тритію у тканинах водних рослин та тритієвого забруднення середовища їх існування, що визначає небезпеку надходження мутагенних форм незамінних амінокислот у трофічні ланцюги.

Результати радіобіологічних досліджень зніжували перегляд тритієвих нормативів у бік зменшення на декілька порядків. Найнижчим наразі є норматив штатів Каліфорнія і Колорадо (США) (табл. 1), який базується на стратегії «один на мільйон» смертельний випадок захворювання раком, передбаченої «Глобальним законом про нашкодище середовище, компенсацію та відповідальність» (CERCLA). Канадські нормативи спершу було зменшено в 10 разів, проте розвиток ядерної енергетики, зокрема, встановлення реакторів CANDU, необхідність суттєвих змін у системах очищення викидів і скидів атомних електростанцій, зумовили збільшення федерального ліміту до $7000\text{ Бк}\cdot\text{дм}^{-3}$. Цей норматив відповідає ризику 350 летальних випадків захворювання раком на один мільйон населення. Сучасний український норматив – у 300 разів більший за рекомендований директивою ЄС [2], – є найвищим у світі та відповідає щонайменше 1500 летальних випадків захворювання раком на один мільйон населення. Враховуючи перспективи інтеграції України до Європейського Союзу очевидна нагальна необхідність перегляду діючих наразі нормативів.

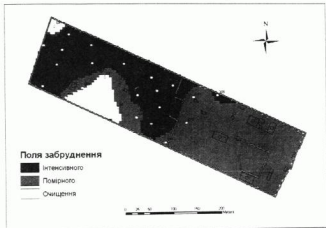


Рис. 3. Зони тритієвого забруднення підземних вод в межах промайданчика КДМСК: інтенсивного - приріст концентрацій тритію у воді спостережних свердловин в період 1993-2007 рр. понад 1000 Бк/дм³, місцями – понад 10 000; помірного – в межах 0 – 1000; очищення – суттєве зниження тритієвого забруднення підземних вод.

Таблиця 1. Допустимі концентрації тритію у питній воді у різних країнах світу

Країна	Норматив, Бк/дм ³
Канада	7000
Європейський Союз	100
Сполучені Штати Америки	740
Рекомендовані Консультативним комітетом Канади щодо стандартів навколишнього середовища (наразі не діють)	100
США – штат Колорадо	18
США – штат Каліфорнія	15
Україна	30000

Висновки. КДМСК УДО «Радон» являє собою об'єкт підвищеної небезпеки щодо тритієвого забруднення навколишнього середовища м. Києва. Головною небезпекою являє поширення радіоїдентифікаційної аномалії забруднення підземних вод унаслідок протікання з аварійних сховищ. При збереженні сучасних темпів розвитку аномалії протягом 6-10 років фронт забруднення підземного водоносного горизонту вище 30 000 Бк/дм³ може вийти на рівень поверхневих вод р. Віта, яка є притокою Дніпра.

Наразі об'єм підземних вод, забруднених понад величину $DK_{\text{в}}^{\text{інт}}_{\text{в}}$ становить близько 60 000 м³. Прогнозоване зростання об'єму забруднених підземних вод становить близько 5000 м³ щорічно. Особливості геологічної будови та характеру живлення Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну свідчать про наявність зв'язку між поверхневими водами та підземними водоносними горизонтами різних рівнів, що визначає небезпеку тритієвого забруднення поверхневих та підземних вод господарсько-питного та культурно-побутового призначення і рибогосподарських вододойм.

Згідно розділу 7 НРБУ-97 [1] сучасний стан екологічної безпеки КДМСК УДО «Радон» може бути оцінений як **рвання (гостра) фаза локальної комунальної радіаційної аварії другої групи (підгрупа (в) – «радіаційні аварії... в пунктах поховання радіоактивних відходів, де можливі аварійні газоаерозольні викиди та/або скиди радіонуклідів в навколишнє середовище»).**

Аналіз радіобіологічних властивостей тритію та міжнародних нормативів свідчить про недооцінювання тритієвої небезпеки в Україні. Наразі діючий норматив відповідає ризику щонайменше 1500 летальних випадків захворювання раком на один мільйон населення. Існує нагальна необхідність приведення тритієвих нормативів до Європейського рівня, визначена низкою екологічних та політичних чинників.

1. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97): Державні гігієнічні нормативи. – К., 1997. 2. A Standard for Tritium: A Recommendation to the Minister of the Environment and Energy Advisory Committee on Environmental Standards: ACES Report 94-01. – Canada, 1994. – ISBN: 0-7778-2975-7. 3. Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption / Official Journal of the European Communities. – 5.12.98. – P. L 330/52. – L 330/54. 4. National Interim Primary Drinking Water Regulations (NIPDWR) / Official US publication, 1976. 5. Tritium Hazard Report/Pollution and Radiation Risk from Canadian Nuclear Facilities / By Dr. Ian Farlie (June 2007) p. 18-19. 6. Tritium in Drinking Water California Public Health Goal. – Office of Environmental Health Hazard Assessment California Environmental Protection Agency, 2006. – 36 p.