## Для заказа доставки данной работы воспользуйтесь поиском на сайте по ссылке: <http://www.mydisser.com/search.html>

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

**Курило Святослав Михайлович**

УДК 556.11:504.4064+669.892

**Оцінка міграції стронцію-90 в природних водах зони відчуження Чорнобильської АЕС**

**(на прикладі експериментального водозбору р.Борщі)**

**11.00.07 - гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія**

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата географічних наук

Київ-2002

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі гідрології та гідроекології географічного факультету

Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

**Науковий керівник:** доктор географічних наук, професор

**Хільчевський Валентин Кирилович**,

Київський національний університет імені Тараса Шевченка,

завідувач кафедри гідрології та гідроекології.

**Офіційні опоненти:** доктор географічних наук, професор

**Мольчак Ярослав Олександрович**,

Луцький державний технічний університет,

декан технологічного факультету,

професор кафедри екології та безпеки життєдіяльності;

кандидат географічних наук, старший науковий співробітник

**Набиванець Юрій Богданович**,

Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут,

старший науковий співробітник відділу гідрохімії.

**Провідна установа:** Одеський державний екологічний університет Міністерства освіти і науки України

Захист відбудеться “ “ 2002 р. о годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.001.22 Київського національного університету імені Тараса Шевченка за адресою: 03022 вул. Васильківська, 90 географічний факультет.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Київського національного університету імені Тараса Шевченка за адресою: 03033, Київ-33, вул. Володимирська, 64.

Автореферат розісланий “\_\_\_\_” \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2002 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради Д 26.001.22,

кандидат географічних наук В.В. Гребінь

**ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

**Актуальність теми**. Проблема розробки стратегії поводження з малими водотоками зони відчуження, які є початковою ланкою формування радіоактивного забруднення річкових вод, на даний час є дуже актуальною.

 Прийняття обгрунтованих управлінських рішень щодо мінімізації поширення радіоактивних речовин потребує прогнозування гідрологічного, гідрогеологічного і радіаційного режимів малих водотоків при різноманітних сценаріях.

 При цьому необхідні експериментальні дослідження за спеціально спланованою програмою. Наявні дані про змив радіонуклідів, як правило, отримані на незначних за площею стокових майданчиках у режимах, які відрізняються від природних (наприклад, штучне дощування). Такі дані є мало репрезентативними при переході до водозборів більшої площі.

 Виконана дисертаційна робота збагачує наявні експериментальні дані досліджень із зазначеної проблеми. Особлива увага приділена вивченню гідрологічного режиму малої річки і процесам міграції радіонуклідів у водно-грунтових середовищах, характерних для водозборів малих річок і меліоративних систем (зокрема, донних відкладах і болотних грунтах, порових розчинах).

 **Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Комплекс досліджень, який став основою даної дисертації, проводився в рамках виконання науково-дослідних робіт по договору “Організація малого експериментального водозбору в ближній зоні ЧАЕС і проведення комплексних спостережень” (№ держреєстрації 0195V022415). Дослідження виконувалися у зв`язку з договірною тематикою Інституту геологічних наук (ІГН) НАН України у співпраці з Університетом Британської Колумбії (УБК, м. Ванкувер, Канада) згідно з протоколом про співпрацю між Адміністрацією зони відчуження і безумовного відселення, УБК та ІГН НАН України від 1998 р.

**Мета** **і задачі** **дослідження** полягали в експериментальному вивченні гідрологічних, гідрохімічних і геохімічних процесів, що визначають міграцію стронцію-90 із забруднених водозборів ближньої зони Чорнобильської АЕС (малі річки, меліоративні системи) в поверхневі води.

Головним завданням даної роботи було встановлення на експериментальному водозборі закономірностей міграції радіонуклідів в поверхневі води в умовах характерних для зони відчуження. При цьому вирішувались наступні задачі:

дослідження гідрологічного та гідрохімічного (радіаційного по стронцію-90) режимів водотоку на експериментальному водозборі;

кількісна оцінка радіоактивного забруднення поверхневих та підземних вод, грунтів і донних відкладів території водозбору;

визначення шляхів надходження радіонукліду в поверхневі води, оцінка форм знаходження радіонуклідів у різних середовищах.

*Об`єкт дослідження* – природні води і водно-грунтові середовища, характерні для малих водозборів та меліоративних систем зони відчуження Чорнобильської АЕС.

*Предмет дослідження* – міграція стронцію-90 у водно-грунтових середовищах малих водозборів зони відчуження Чорнобильської АЕС.

**Методи дослідження.** Методичну основу досліджень склав комплекс гідрологічних, гідрохімічних, геохімічних і гідрогеологічних методів із залученням географо-гідрологічного методу В.Г. Глушкова та положень гідроекології, розроблених на кафедрі гідрології та гідроекології (В.К. Хільчевський, В.І. Пелешенко, М.Д. Гродзинський, 1995). При польових дослідженнях застосовувалися стандартні способи відбору, підготовки і визначення необхідних компонентів у пробах згідно з чинними методиками радіохімічного, гідрохімічного, радіоспектрометричного аналізів.

Дослідження здійснювалися на спеціально облаштованому та інструментально обладнаному малому експериментальному водозборі р.Борщі - натурному полігоні в ближній 5-ти километровій зоні ЧАЕС, на якому виконувався комплекс моніторингових спостережень та цільових експериментів з метою детального вивчення процесів водної міграції стронцію-90 у поверхневі води. Крім того виконано узагальнення багаторічних гідрологічних та радіологічних спостережень (ГМП “НИВО”, ІГН НАНУ).

**Наукова новизна отриманих результатів.** Вперше на прикладі окремого водозбору в зоні відчуження Чорнобильської АЕС:

* визначено ділянки, які є джереламинадходження стронцію-90 в поверхневі води;
* встановлено, що основний винос радіонукліду з грунтів водозбору в поверхневі води відбувається із заболочених ділянок, додатковим джерелом надходження є донні відклади водотоків;
* визначені форми знаходження стронцію-90 в грунтах, донних відкладах річки і болотних відкладах та їх співвідношення;
* одержані порівняльні оцінки кумулятивного збіднення грунтів водозбору на стронцій-90 за 15 років після аварії на ЧАЕС з виносом радіонукліду водним шляхом з водозбору на основі вимірів витрат р.Борщі і концентрацій стронцію-90 в річковій воді;
* запропонована якісна системна схема міграції стронцію-90 в підземні і поверхневі води водозбору.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає:

* у використанні матеріалів по темі дисертації при написанні звітів відділу моніторингу геологічного середовища ІГН НАН України;
* в запровадженні нових підходів щодо оцінки впливу боліт і заболочених ділянок на надходження радіонуклідів у малі річки;
* в можливості розробки ефективних підходів щодо поліпшення функціонування осушувальних систем, як фактору, що може мінімізувати винос радіонуклідів із забруднених водозборів у малі водотоки.

Теоретичне значення дисертаційної роботи полягає у встановлені просторових закономірностей формування радіоактивного забруднення малої річки стронцієм-90 і визначенні факторів, які впливають на надходження стронцію-90 з території водозбору у річкову мережу.

**Особистий внесок здобувача.** Автор особисто приймав участь в усіх польових дослідженнях на експериментальному водозборі в зоні відчуження Чорнобильської АЕС упродовж 1998 - 2002 р.р. Безпосередньо проводив дослідження, пов’язані з темою дисертації, які виконані як окремі розділи тем відділу моніторингу геологічного середовища Інституту геологічних наук НАН України. Виняток становлять аналітичні визначення концентрації радіонуклідів у природних водах і грунтах експериментальної ділянки, які виконувалися Українським науковим центром радіаційної медицини (дослідження природних вод) і Українським науково–дослідним інститутом “Сільгоспрадіологія” (дослідження грунтів).

**Апробація основних положень дисертації.** Основні результати дисертаційної роботи доповідалися на наступних наукових конференціях:

* Всеукраїнській науковій конференції “Гідрологія і гідрохімія на межі ХХ-ХХІ сторіч” (м.Київ, 1999);
* міжнародній науковій конференції “Ландшафт як інтегруюча концепція ХХІ сторіччя” (м.Київ, 1999);
* VIII з’їзді Українського географічного товариства, (м. Луцьк, 2000);
* науковій конференції “Сучасна географічна думка: тренди, проблеми, рішення” (м. Київ, 2001);
* міжнародній науковій конференції “Буття ландшафту та буття в ландшафті” (м. Київ, 2001);
* Першій Всеукраїнській науковій конференції “Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія” (м. Київ, 2001);
* міжнародній конференції “ Регіональні екологічні проблеми” (м. Київ 2002).

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано 6 наукових праць, в тому числі: 4 статті в періодичних фахових виданнях ВАК України та два розділи в колективній монографії.

ОсновниЙ зміст роботи

**У першому розділі “Попередні дослідження міграції стронцію-90 в поверхневі і підземні води зони відчуження Чорнобильської АЕС”** докладно викладений оглядпопередніх досліджень міграції стронцію-90 в поверхневі і підземні води зони відчуження Чорнобильської АЕС. Міграція 90Sr – найбільш мобільного радіонукліду в поверхневих водах зони відчуження вивчалася багатьма авторами (Войцехович О.В., Шестопалов В.М., Шевченко О.Л., Бугай Д.А., Железняк М.І. та іншими).

Значний обсяг моніторингових спостережень за станом радіоактивного забруднення поверхневих і підземних вод був виконаний установами державної гідрометслужби, Держводгоспу, державної геологічної служби, а також науково дослідними інститутами (УкрНДГМІ, ІГН НАНУ, ІГБ НАНУ), які були потім узагальнені в монографії за загальною редакцією О.В. Войцеховича (1997).

Підкреслюється велике значення моніторингових досліджень проведених за трьома основними напрямками – поверхневі води, підземні води та аналіз забруднення гідробіонтів і водних екосистем в цілому. Аналіз результатів досліджень містить критичний огляд методів, що використовуються, стан і перспективи організації, а також ведення моніторингу радіоактивного забруднення природних вод; інтерпретацію трендів основних процесів, що визначають сучасне радіоактивне забруднення елементів водних екосистем.

Внаслідок проведеного аналізу наукових джерел щодо вивчення питань міграції радіонуклідів у природних водах сформовано коло питань, що потребували розгляду при виконанні дисертаційної роботи.

Результати досліджень міграції стронцію-90 та інших радіонуклідів досить повно викладені в колективній монографії за редакцією В.М. Шестопалова “ Автореабілітаційні процеси в екосистемах Чорнобильської зони відчуження” (2002).

За результатами виконаного наукового огляду було зроблено наступні висновки. Основна увага в роботах приділена дослідженню механізмів надходження радіонукліду в поверхневі води на стокових майданчиках площею близько 1-100 м2. Слід зазначити, що в більшості випадків польові експерименти проводилися на стокових майданчиках з відносно великими ухилами поверхні землі і в режимі штучного дощування при інтенсивності опадів значно більш високій, ніж звичайно спостерігається в природних умовах. Тому експерименти на стокових майданчиках відповідають досить вузькому спектру геоморфологічних та метеорологічних характеристик і не дозволяють охарактеризувати весь комплекс умов і процесів формування водного стоку та водної міграції радіонуклідів у масштабі річкового водозбору. Дослідження міграційних процесів на сучасному етапі вимагає облаштування експериментального водозбору, на якому можна виконувати комплекс моніторингових спостережень і цільових експериментів.

**У другому розділі “Природні умови та техногенна ситуація в районі досліджень”** основна увага приділена аналізу природних умов і техногенних чинників, які можуть суттєво вплинути на процеси міграції стронцію-90 у водному і геологічному середовищах, зокрема в межах обраного експериментального водозбору р. Борщі. При цьому використані як літературні джерела, так і матеріали досліджень відділу моніторингу геологічного середовища ІГН НАН України.

*Геологічна* *будова.* Територія ближньої зони (БЗ) відчуження Чорнобильської АЕС у тектонічному відношенні знаходиться в межах одного з блоків північно-східного схилу Українського щита. Поверхня фундаменту (за геофізичними даними) знижується на північний схід у бік Брагінсько-Чернігівського виступу від 200 м до 500 м над рівнем моря (н.р.м). В будові осадового чохла беруть участь породи всіх систем мезозойської і кайнозойської груп, що також полого падають та зростають за потужністю в північно-східному напрямку.

Грунтом неоген-четвертинних відкладів є еоценові зеленувато-сірі та голубувато-сірі туго пластичні карбонатні глинисті алеврити, рідше - піскуваті алеврити і алевритові піски київської світи. Її підошва утворює у межах БЗ структурний виступ. Амплітуда рельєфу підошви становить 15-20 м.

Покрівля відкладів київської світи знаходиться в діапазоні від 74 до 93 м н.р.м. В центральній частині території БЗ з півночі на південь простягається відносне зниження рельєфу покрівлі київської світи до 80-82 м н.р.м. Потужність київської світи становить у середньому 9-12 м у східній та центральній частинах БЗ і зростає до 25-30 м у межах заплави Прип`яті та на лівобережжі. В межах пониження простягається улоговина, в якій потужність київської світи зменшується до 1-2 м, тобто мова йде про існування в межах БЗ похованої яружно-балкової мережі.

В результаті новітнього буріння та детального профільного вивчення зразків керну ( в розрізах трьох свердловин) в районі сіл Чистогалівка – Копачі, були зустрінуті щільні пластичні червоно-коричневі (в одній з свердловин – сірі) алевроглини (глинисті алеврити) потужністю 0,6-1,6 м у первинному заляганні з положенням підошви – 115, 119 та 121 м н.р.м. За даними відділу моніторингу геологічного середовища ІГН НАН України (М.А.Парцевський, 2001), максимально висока ємність поглинання катіонів для цих глин серед інших неоген-четвертинних відкладів пояснюється високим вмістом монтморилоніту (від 29 до 82% у фракції “< 0,005 мм”). Останнє є характерною ознакою верхньої наймолодшої зони глинистих товщ неогену Прип’ятського прогину. Треба також зазначити, що аналогічні червоно-бурі глини на південь від території зони відчуження, розглядаються як пліоценові утворення.

*Кліматичні умови*. Клімат району помірно-континентальний. Середньорічна температура повітря становить + 6,8о С. Осередненні дані багаторічних спостережень: вологість повітря (відносна) - 77 %; сума опадів на рік - 600 мм; випаровування з поверхні землі на рік - 400 мм.

Зима характеризується частими відлигами, нестійким сніговим покривом, заметілями і опадами у вигляді переохолодженого дощу і мокрого снігу, ожеледями. Найхолоднішим місяцем є січень (середня температура – 6,80 С). Переважають вітри зі швидкістю 4,5 – 5,0 м/с, швидкості понад 10 м/с частіше відзначаються в лютому. Сніговий покров утримується протягом січня - березня; кількість днів із сніговим покривом - 52-116. Період із середньою добовою температурою нижче +8о С становить 192 дні. Глибина поширення температури 0о С в грунт коливається від 0 до 70 см, максимум досягає 128 см.

 Весна, на фоні значних коливань тепла і холоду, характеризується активним підйомом температури, інтенсивним таненням снігового покриву і швидким просиханням грунту. Початок весни припадає на березень, у травні встановлюється погода літнього типу. Друга половина весни характеризується великою кількістю гроз і підвищенням абсолютної вологості повітря.

 Літо встановлюється в середині травня і продовжується до середини вересня. Влітку панують північно-західні вітри, середньомісячні швидкості їх знижуються порівняно з іншими сезонами року до 3 - 4 м/с. На літо припадає основна кількість опадів (73%); характерні зливи, що нерідко перевищують середню місячну кількість опадів.

 Осінь наступає в середині вересня і продовжується до середини листопада. Для осені характерне швидке зниження температури повітря, зменшення абсолютної вологості і поява приморозків у першій половині жовтня. Цей період року характеризується поступовим зниженням температури від місяця до місяця на 5 – 7 о С.

*Гідрогеологічні умови***.** Територія зони відчуження розташована на стику Дніпровського і Прип'ятського артезіанських басейнів з Українським басейном тріщинних вод. Всі три гідрогеологічні регіони представлені окраїнами схилів, тому тут відсутні потужні витримані водотривкі прошарки. Це створює умови для гідравлічного зв'язку між водоносними горизонтами. Безнапірні (грунтові) води приурочені до пліоцен - четвертинних відкладень і поширені повсюдно. У 30-км зоні відчуження ЧАЕС глибини їх залягання близько 0-1,0 м становлять - 29%, 1,0-3,0 м - 51%, 3,0-5,0 м -11%, понад 5,0 м - 9% від загальної площі. Зона аерації складена, частіше всього, добре проникними піщаними грунтами з невеликим вмістом глинистих часток. Потужність відкладів, які вміщують воду, коливається в діапазоні 15-30 м, водопроводимість становить100-400 м2/добу на терасах і 40-100 м2/добу на вододільних пасмах (зауважимо, що на вододільних просторах це може бути об’єднаний з неогеновими відкладами горизонт до 90 м сумарної потужності). Рівнинний характер рельєфу при переважанні частки піщаних відкладень у верхній частині розтину обумовлює високий модуль підземного стоку. Режим грунтових вод знаходиться в прямій залежності від метеорологічних, гідрологічних, геоморфологічних та інших умов. Амплітуда коливань рівня грунтових вод на вододільних просторах становить 0,5 – 1,0 м, на терасах 1,0 – 1,5 м, заплавах річок – 1,0 – 2,0 м і більше.

*Техногенна обстановка, що склалася внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС.* Аварія на четвертому енергоблоці ЧАЕС, що супроводжувалася тепловим вибухом і розгерметизацією активної зони реактора, відбулася в ніч з 25 на 26 квітня 1986 р. Під час аварії відбулося диспергування ядерного палива, в результаті якого утворилися часточки розмірами від одиниць до десятків мікрон. Саме випаданням таких часточок паливної матриці (так званих "гарячих" часточок), обумовлена велика частина радіоактивного забруднення ближньої зони ЧАЕС і, особливо, району промислового майданчику і водойми - охолоджувача.

Особливістю Чорнобильських радіоактивних викидів є те, що радіонукліди, які утримуються в них, початково відзначалися низькою міграційною і геохімічною мобільністю. Це було зумовлено асоціацією основної частини радіонуклідів у випадіннях з малорозчинною паливною матрицею з оксидів урану. Надалі відбувалася трансформація різних форм радіоактивних випадінь за рахунок механічного руйнування паливних часточок, хімічного вилуговування і розчинення паливної матриці. Це спричинило інтенсивне надходження радіоактивних ізотопів (зокрема стронцію-90) у геологічне середовище. Слід зауважити, що перераховані вище дані відносяться до трансформації форм радіонуклідів у грунтах. Гідрохімічні умови (анаеробні умови, відновне середовище) і матеріальний склад матриці донних відкладів водойм істотно відрізняються від фізико-хімічних умов грунтових прошарків. Тому питання про вивчення фізико-хімічних властивостей і геохімічну мобільність радіоактивних забруднюючих елементів у донних відкладах є дуже актуальним.

**У третьому розділі “Характеристика експериментального водозбору, водний баланс та баланс стронцію-90”** наведена характеристика експериментального водозбору, дослідження гідрологічного режиму р. Борщі і розрахунки водного та радіаційного балансу (по стронцію-90).

У рамках дослідницьких робіт водозбір був обладнаний унікальною системою інструментальних засобів для моніторингових спостережень. Для гідрогеологічних спостережень була споруджена мережа свердловин. Для спостережень за гідрологічним режимом річки застосовувався автоматичний ультразвуковий датчик глибини, швидкості і температури води Starflow, що використовує в роботі ефект Допплера (відбиток ультразвукового сигналу від завислих часток, що рухаються з потоком води). Дані про опади були отримані за допомогою автоматизованого вимірювача опадів. Всі прилади обладнанні електронними блоками запису, що дозволило отримати набір унікальний за своєю частотою набір даних за досить тривалий період часу.

Узагальнюючи наведені дані про гідрологічний режим річки можна зробити наступні висновки. Гідрологічний режим р. Борщі характеризується нерівномірністю внутрірічного розподілу водного стоку. Взимку стік мінімальний (живлення здійснюється в основному за рахунок грунтових вод). У листопаді, зазвичай, спостерігаються нестійки льодові явища, а з грудня починається льодостав, тривалість якого коливається від декількох тижнів до трьох місяців, залежно від температури повітря.

Звільнення від льодового покриву на р. Борщі звичайно відбувається в другій декаді березня з настанням позитивних денних температур повітря. Весняне водопілля досягає піка в середині квітня і закінчується наприкінці травня – початку червня. На період водопілля припадає 50 - 60 % річного стоку.

Літньо-осінній стік формується за рахунок малоінтенсивних і нетривалих дощових опадів. Підйоми рівня води короткочасні і незначні. В окремі дні посушливих років річка пересихає. На літньо - осінній період припадає, як правило, близько 30 % річного стоку. Взимку частка водного стоку становить, як правило, не більш 10 % від річного.

Річка Борщі належить до малих водостоків (довжина 5км, площа водозбору 7 км2) і формування її гідрологічного режиму цілком залежить від впливу метеорологічних факторів (кількості атмосферних опадів, коливання температури повітря, тощо) . Тому для річки характерні літні паводки, які характеризуються значним збільшенням витрат води (до 0,180 м3/с). Зимова межень проявляється не завжди чітко, тому витрати води в зимовий період інколи співставимі з витратами під час весняного водопілля.

Аналіз результатів розрахунку водного балансу дає можливість зробити наступні висновки. У весняний період на території басейну чергуються процеси спрацювання накопиченої за зимовий період вологи та процеси накопичення вологи внаслідок великої кількості опадів. У літній період більша частина вологи витрачається на випаровування, а невелика частина акумулюється у підземних водоносних горизонтах і ще менша у болотах (для цього періоду року характерне різке зменшення площі заболочених ділянок); русловий стік в цей час майже відсутній. Восени, внаслідок низьких величин випаровування та великої кількості опадів, різко зростають показники сумарного стоку і водночас тривають інтенсивні процеси накопичення вологи в басейні, які візуально проявляються у збільшенні площі заболочених ділянок на території басейну.

**На основі даних гідрологічних моніторингових спостережень була розрахована кількість 90Sr (Rtotal), винесеного в 1999 р. річкою Борщі через замикаючий створ, з використанням виразу:**

**,**

**де *q*(*t*) – об’єм стоку річки (м3/добу),**

***с* (*t*) - концентрація 90Sr у воді річки в замикаючому створі (Бк/м3),**

 ***t-* час (діб).**

**Добові значення с(*t*) були отримані за даними режимних спостережень методом лінійної інтерполяції. Результуюча оцінка становила *Rtotal* =17,5 ГБк, або 0,2% від запасу 90Sr у грунтах водозбору. Якщо виходити з того, що винос 90Sr відбувається переважно з грунтів боліт і донних відкладів, то результуючий коефіцієнт виносу буде в 10-20 разів більшим і становитиме 2-4% від запасу 90Sr на зазначених ділянках водозбору.**

**Для оцінки внеску надходження 90Sr з підземними водами в сумарний винос 90Sr *(Rs*) річкою використано наступний вираз:**

***Rs* = *Cs* × *Ws*,**

**де *Ws* - річний об’єм підземного стоку (м3), розрахований за допомогою програми “HYSEP”;**

***Cs* - середня концентрація 90Sr у підземних водах за даними моніторингових спостережень (Бк/м3).**

**Результуюча оцінка становить *Rs*=0,3 ГБк, або 1,7% від загального виносу 90Sr. Таким чином, підземний стік (без урахування масообміну з донними відкладами) забезпечує незначний винос 90Sr поверхневими водами річки в річному балансі.**

 **Виконані розрахунки показали також, що близько 8 ГБК 90Sr (46% загального виносу) було винесено річкою через замикаючий створ у меженний період, коли чітко виражений поверхневий стік був відсутнім і надходження 90Sr у води річки відбувалося винятково за рахунок процесів височування болотних вод і вилуговування радіонукліду з донних відкладів.**

Аналізуючи результати розрахунку водного балансу та балансу 90Sr р.Борщі можна дійти висновку, що найбільш інтенсивний винос стронцію–90 відбувається з поверхневим стоком в умовах спрацювання запасів накопиченої вологи навесні. Ці дані підтверджуються результатами радіологічного моніторингу по замикаючому створу р. Борщі – максимальні концентрації стронцію–90 у воді спостерігаються саме в цей період.

**В четвертому розділі “Режим стронцію-90 в природних водах експериментального водозбору”** викладено результати дослідження змін просторової і часової концентрації стронцію-90 в різних типах природних вод експериментального водозбору р. Борщі. Характер забруднення різних типів природних вод стронцієм-90 в межах експериментального водозбору дозволяє говорити про наступні закономірності.

Зафіксована чітка тенденція збільшення вмісту стронцію-90 у воді річки від витоку (1-3,8 Бк/л) і до замикаючого створу (10-30,5 Бк/л). Характерним є також деяке зниження концентрації стронцію-90 у воді річки на ділянці від болота 1 до замикаючого створу, що, вірогідно, обумовлене розбавленням поверхневої води більш “чистими” підземними водами на цій ділянці водотоку (рис.1).

Підземні води і води дренажних систем внаслідок низької концентрації радіонукліду (до 1 Бк/л) не чинять істотного впливу на режим і характер розподілу 90Sr у водах р. Борщі.

Концентрація стронцію-90 у воді заболочених ділянок (до 300 Бк/л ) у десятки разів перевищує концентрацію радіонукліду у водах річки (до 40 Бк/л). Причому, постійно спостерігається гідрологічний зв’язок між болотами і руслом річки. Найбільше зростання концентрації стронцію-90 у річковій воді спостерігається в зоні розвантаження поверхневих вод з болотних ділянок (до 40 Бк/л). Такі дані дають змогу твердити, що заболочені ділянки є одним з основних джерел надходження радіонукліду у води р. Борщі.

Високі концентрації стронцію-90 у порових водах донних відкладів річки і боліт свідчать, що вони можуть бути додатковим джерелом надходження радіонукліду безпосередньо в р. Борщі при сприятливій гідрогеологічній ситуації (наприклад, при фільтрації підземних вод крізь шаридонних відкладів у русло річки) і в болотні води (наприклад, внаслідок вертикального конвективного переносу та внаслідок евапотранспірації).

****

**Рис.1. Розподіл концентрації стронцію-90 по повздовжньому профілю р.Борщі**

**П‘ятий розділ “Оцінка просторового розподілу і вмісту форм радіонуклідів в грунтах дослідної ділянки”** присвячений дослідженню радіоактивного забруднення грунтів, донних відкладів річки та боліт території експериментального водозбору. На експериментальному водозборі проведено відбори зразків грунту, болотних відкладів, а також донних відкладів р. Борщі з метою вивчення розподілу радіонукліду в грунтах та його хімічних форм.

Визначено форми знаходження радіонуклідів у грунтах і донних відкладах ділянки. Встановлено, що для заболочених ділянок водозбору характерне накопичення 90Sr у нижніх шарах відкладів (15-20 см від поверхні грунту) і вимивання радіонукліду з верхніх горизонтів(1-7 см від поверхні грунту). В донних відкладах річки спостерігається вимивання стронцію-90 по всьому вертикальному профілю зразків. Частка мобільного стронцію в типових зразках донних відкладів річки становить 10-30% від загальної кількості радіонукліду, а в типових відкладах заболочених ділянок частка мобільного стронцію становить 75-95%.

Було ідентифіковано основні джерела надходження радіонуклідів у поверхневі води і складено карту вилуговування 90Sr в межах експериментального водозбору р. Борщі (рис 2). Для цього було використано певні особливості радіоактивних викидів. Відомо, що первісні паливні часточки в межах ближньої зони ЧАЕС характеризуються сталим співвідношенням в них продуктів ядерного поділу. Таке стале співвідношення 90Sr і 154Eu в первісних паливних частках дає можливість кількісно оцінити частку стронцію-90, яка була привнесена або вилучена з досліджуваного зразка з часу аварії. Для оцінки цієї частки використовується розрахунковий коефіцієнт Z:

Z = [ С 90Sr] - [ С 154Eu] γ х G,

 де С 90Sr – концентрація 90Sr в зразку,

С 154Eu – концентрація 154Eu в зразку,

 γ – відношення 90Sr до 154Eu на час аварії (γ х G = 72),

 G – поправка на розпад 90Sr ;

 154Eu розраховується як

,

де λ Sr-90 – коефіціент радіоактивного розпаду 90Sr,

λ  Eu -154 коефіціент радіоактивного розпаду 154Eu.

t - час.

Якщо Z більше 0, то в зразку відбулося накопичення радіонукліду, при Z менше 0 відбулося збіднення зразка

Таким чином, отримано оцінки кумулятивного збіднення грунтів водозбору на 90Sr за 15 років після аварії на ЧАЕС. Вони добре узгоджуються з оцінкою водного виносу радіонукліду з



**Рис. 2. Збіднення грунтів водозбору р. Борщі на стронцій-90 (Z, кБк/м2) після 1986 р.**

водозбору на основі вимірів витрат річки і концентрацій 90Sr в поверхневій воді. Загальна кількість радіонукліду, винесена за межі водозбору оцінюється величиною (27 ± 10) х 1010 Бк. Водний винос радіонукліду з водозбору на основі вимірів витрат річки і концентрацій 90Sr в поверхневій воді становить 1,7 х 1010 Бк (за 1999 р.). Враховуючи те, що оцінені запаси радіонукліду на ділянках водозбору, з яких відбувається винос 90Sr (донні відклади, болотні грунти), становить 90 х 1010 Бк, а середній річний розрахунковий винос 90Sr за минулі після аварії роки становив 1,8 х 1010 Бк, можна передбачити, що з урахуванням радіоактивного розпаду через 50 років на ділянках вилуговування радіонукліду залишиться 2-5 % від початкової кількості 90Sr, яка потрапила під час аварії

 Одержані результати досліджень дають підстави твердити, що міграція стронцію-90 в поверхневі води річки відбувається переважно за рахунок надходження забрудненого поверхнево-схилового стоку із заболочених ділянок водозбору під час весняного сніготанення і значних зливових опадів.

Результати визначення форм знаходження радіонуклідів у донних відкладах та оцінка їх кумулятивного збіднення по 90Sr вказують, що вони є суттєвим джерелом надходження радіонукліду в поверхневі води річки внаслідок процесів масообміну.

 **На запропонованій якісній системній схемі серед факторів, що обумовлюють надходження стронцію-90 в порядку їх важливості можна виділити такі (рис. 3):**

**1. Поверхневий стік забруднених вод на ділянках боліт і прируслових ділянках за**

**умов надмірного зволоження*.* Це є домінуючий механізм забруднення річки.**

**2. Масообмін з донними відкладами річки. Безумовно донним відкладам належить певна буферна роль при міграції стронцію-90 в поверхневих водах. Результатами вивчення співвідношення 90Sr/154Eu і кількісної оцінки вилуговування радіонукліду свідчать, що донні відклади є суттєвим джерелом додаткового надходження стронцію-90 до поверхневих вод річки.**

**3. Міграція в зоні аерації і наступний винос підземними водами радіонукліду з водоносного горизонту. Насьогодні цей механізм не є домінуючим, оскільки концентрація стронцію-90 в підземних водах на 2-3 порядки нижча ніж у поверхневих. В той же час підземні води формують до 80% стоку річки (за даними спостережень 1999 р.). Тому вивчення гідрогеологічних процесів необхідне для коректного розрахунку (і особливо довгострокового прогнозу) водного і радіаційного балансів річки.**

**Наведена нижче якісна системна схема, а також отриманий фактичний матеріал може стати основою для створення кількісної математичної моделі гідрологічних і гідрогеологічних міграційних процесів стронцію-90 в системах водозборів.**

Висновки

**Аналіз літературних джерел виявив неповноту даних необхідного ступеню деталізації щодо міграції стронцію-90 з водозборних площ до поверхневих вод малих річок. Реалізація робіт в цьому напрямку вимагала досліджень на експериментальному водозборі, на якому необхідно було виконати комплекс моніторингових спостережень і цільових експериментів.**

Аналіз природних умов і техногенних факторів, які можуть суттєво вплинути на процеси міграції стронцію-90 у водному і геологічному середовищах дозволяє зробити висновки, що порушення природного ґрунтового покриву внаслідок дезактиваційних робіт, створення пунктів тимчасового поховання радіоактивних відходів створило умови для безпосереднього надходження радіонукліду в зону аерації і грунтові води. Вихід з ладу дренажних систем призвів до зростання рівнів ґрунтових вод і підтоплення значних територій. Такі явища сприяють посиленню міграції радіонуклідів (зокрема стронцію-90) у геологічному і водному середовищах.

Опади

Поверхневий стік стронцію-90 із заболочених ділянок

Заболочені ділянки (Б)

Зона живлення грунтових вод (А)

Річка

Водоносний горизонт

Сезоні гідрогеологічні ефекти взаємодії річки і боліт

Винос з підземними водами

Масообмін з донними відкладами

**Рис.3. Схема міграції стронцію-90 з грунтів експериментального водозбору до підземних і поверхневих вод (умовний поперечний переріз водозбору)**

**Результати узагальнень гідрологічного та радіаційного режимів, а також розрахунок водного балансу та балансу 90Sr р.Борщі свідчать, що найбільш інтенсивний винос стронцію–90 відбувається з поверхневим стоком в умовах спрацювання запасів накопиченої вологи навесні.**

**Реалізація програми натурних досліджень дала змогу встановити вміст стронцію-90 в різних типах природних вод:**

поверхневі води р. Борщі- 1 - 40 Бк/л;

води заболочених ділянок - 56 - 300 Бк/л;

дренажні води - до 1,0 Бк/л;

підземні води - 0,01 - 1,0 Бк/л.

Характер розподілу стронцію-90 в поверхневих і підземних водах експериментального водозбору і безпосередньо в річці від витоку до замикаючого створу засвідчує, що джерелом надходження стронцію-90 в річку є стік з боліт та заболочених ділянок, що утворюються навколо боліт в періоди надлишкового зволоження (саме на ділянках розвантаження стоку з боліт спостерігається зростання вмісту стронцію-90 у водах річки).

Встановлено, що основний винос радіонукліду з грунтів водозбору в поверхневі води відбувається із заболочених ділянок, додатковим джерелом надходження є донні відклади водотоків.

При визначенні форм знаходження радіонукліду в грунтах і донних відкладах ділянки, встановлено, що частка мобільного стронцію в типових зразках донних відкладів річки становить 10-30% від загальної кількості радіонукліду, а у типових відкладах заболочених ділянок - 75-95%.

Оцінка кумулятивного збіднення грунтів водозбору на 90Sr за 15 років після аварії на ЧАЕС виконана за співвідношенням 90Sr/154Eu добре узгоджується з оцінкою водного виносу радіонукліду з водозбору на основі вимірів витрат річки і концентрацій 90Sr в поверхневій воді. Загальна кількість радіонукліду, яка винесена за межі водозбору оцінюється величиною (27 ± 10) х 1010 Бк. Винос радіонукліду з водозбору на основі вимірів витрат річки і концентрацій 90Sr в поверхневій воді становить 1,7 х 1010 Бк (за 1999 р.). Враховуючи середній річний розрахунковий винос 90Sr за минулі після аварії роки можна передбачити, що з урахуванням радіоактивного розпаду через 50 років на ділянках вилуговування радіонукліду на водозборі залишиться 2-5% від початкової кількості стронцію-90, яка потрапила під час аварії.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Курило С.М. Гідрологічні умови виносу радіонуклідів з забруднених територій в малі водотоки //Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія.-2000.-Т.1.- С. 86-89.
2. Бугай Д.А, Р.Фрид, С.М.Курило и др. Экспериментальная оценка гидрологических и гидрогеологических процессов миграции стронция-90 в поверхностный водоток (Глава 7) // Водообмен и Чернобыльская авария / Под ред. В.М. Шестопалова.- Киев: НАН Украины, 2000.- С.228-239.
3. Бугай Д.А, Гиллу Ф., Девиер Л., Джепо С.П., Жербо О., Жетто Ф., Зварич С.М., Кашпаров В.А., С.М.Курило и др. Геологическое строение и гидрогеологические условия экспериментального полигона “Пилотный участок” в районе приповерхностного захоронения радиоактивных отходов в ближней зоне ЧАЭС // Водообмен и Чернобыльская авария / Под ред. В.М. Шестопалова. Киев: НАН Украины, 2000.- С.346-365.
4. Бугай Д.О., Курило С.М., Хільчевський В.К. Гідрологічні процеси та оцінка гідрохімічних умов, які формують винос стронцію-90 у водотоки з радіоактивно забруднених водозборів // Вісн. Київ.ун-ту. Географія.- 2001.- вип.47.- С.49-52.
5. Курило С.М. Формування водного стоку і міграція стронцію-90 у малий водотік //Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія.-2001.-Т.2.- С. 632-640.
6. Хільчевський В.К., Курило С.М. Закономірності водної міграції стронцію-90 в малі водотоки зони відчуження Чорнобильської АЕС // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія.-2002.-Т.3.- С. 149-153.

**Анотація**

 **Курило С.М. “Оцінка міграції стронцію-90 в природних водах зони відчуження Чорнобильської АЕС (на прикладі експериментального водозбору р. Борщі)”.- Рукопис.**

 Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук за спеціальністю 11.00.07 – гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія.- Географічний факультет Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, 2002.

На прикладі експериментального водозбору визначено джереланадходження стронцію-90 у малі річки. Встановлено, що основний винос радіонукліду з грунтів водозборів зони відчуження Чорнобильської АЕС в поверхневі води відбувається з заболочених ділянок, додатковим джерелом надходження є донні відклади водотоків (за межами заплави р. Прип’ять). Виконана оцінка форм знаходження стронцію-90 в грунтах, донних відкладах річки і болотних відкладах водозбору. Одержано оцінки кумулятивного збіднення грунтів водозбору на 90Sr за 15 років після аварії на ЧАЕС. Вони добре узгоджуються з оцінкою водного виносу радіонукліду з водозбору на основі вимірів витрат річки і концентрацій 90Sr в поверхневій воді.

На основі комплексу проведених польових робіт і аналітичних узагальнень запропонована якісна системна схема міграції стронцію-90 в підземні і поверхневі води водозбору.

**Ключові слова:** експериментальний водозбір, мала річка, стронцій-90, радіаційний баланс.

**АННОТАЦИЯ**

 **Курило С.М. “Оценка миграции стронция-90 в природных водах зоны отчуждения Чернобыльской АЭС (на примере экспериментального водосбора р. Борщи)”.-Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 11.00.07 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.- Географический факультет Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, Киев, 2002.

На примере экспериментального водосбора определены источники поступления стронция-90 в малые реки. Установлено, что основной вынос радионуклида с грунтов водосборов зоны отчуждения Чернобыльской АЭС в поверхностные воды происходит с заболоченных участков, дополнительным источником поступления служат донные отложения водотоков (за пределами поймы р. Припять).

Выполнена оценка форм нахождения стронция-90 в почвах, донных отложениях реки и болотных отложениях водосбора.

Получены сравнительные оценки кумулятивного обеднения почв водосбора на 90Sr за 15 лет после аварии на ЧАЭС. Они хорошо согласуются с независимой оценкой водного выноса радионуклида на основе измерений расхода реки и концентраций стронция-90 в поверхностной воде. На основе комплекса проведенных полевых работ и аналитических обобщений предложена качественная системная схема миграции стронций-90 в подземные и поверхностные воды водосбора.

**Ключевые слова:** экспериментальный водосбор, малая река, стронций-90, радиационный баланс.

**ANNOTATION**

**Kurilo S.М. “An Estimation of migration Strontium-90 in natural waters of exclusion zone**

**of ChNPP (on an example experimental watershed Borshi)” .-Manuscript.**

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of geographical sciences on a speciality 11.00.07 - hydrology land, water resources, hydrochemistry.- Geographical faculty of the Kiev national university named after Taras Shevchehko, Kyiv, 2002.

An investigation is underway to identify the mechanisms, at the catchment scale, that control the migration of 90Sr from watershed soils to surface water bodies within a small watershed 3 km south of the Chernobyl Nuclear Power Plant. The catchment is 7 km2, contains two wetlands, and is drained by the Borschi stream. A constructed drainage system, beaver dams, and floodgates modify the natural water levels of the stream, and influence seasonal changes in the extent of flooded soils. Contributing pathways that are considered include ground-water transport, overland flow, and surface connection between the Borschi stream and the wetlands. The 90Sr-flux in the Borschi stream is higher during snowmelt and storm events than during baseflow conditions. Evidence is presented that suggests the wetlands and seasonally-flooded soils are currently the main source of 90Sr in the Borschi stream.

Of all the processes that have some role in the transport of 90Sr from watershed soils to the stream, release of water from wetlands and seasonally-flooded soils appears to be the most important. Ground water and drainage pipe water currently have low concentrations of 90Sr. Transport of 90Sr by suspended particulate is generally insignificant. Bottom stream sediments act as a source of 90Sr that may be quite significant. The importance of snowmelt runoff from the abandoned fields and forests to the wetlands is under investigation.

Wetlands generally have a higher concentration of 90Sr than the stream and, as the stream passes by the wetlands, the concentration of 90Sr increases. When the wetlands and seasonally-flooded soils were dry, the 90Sr concentration in the Borschi stream decreased. This indicates that seasonal-flooding may be the most important factor influencing 90Sr concentration in surface waters. In addition, the ratio of 90Sr / 154Eu from the wetland soil and the seasonally-flooded soil is lower than from the unsaturated soil, which suggests that significant removal of 90Sr to surface water column occurs in flooded and seasonally-flooded soils. Based on above evidence we hypothesize that wetlands and periodically flooded soils currently represent the main watershed “source” areas for strontium-90 migration to Borschi stream.

Work in the watershed includes the deployment of peepers (a dialysis membrane) to obtain detailed vertical profiles of 90Sr in the pore water beneath the stream bottom an the wetland. Additional sediment cores, and measurements of soil pH to determine for exchangeable 90Sr in the Borschi stream.

**Key words**: Strontium-90,.experimental watershed, radioactive balance, small river.

Для заказа доставки данной работы воспользуйтесь поиском на сайте по ссылке: <http://www.mydisser.com/search.html>





