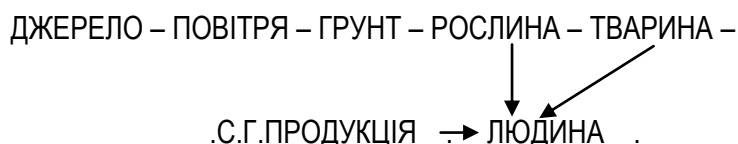


ЛЕКЦІЯ 8

Тема: ЗАГАЛЬНА СХЕМА МІГРАЦІЇ РАДІОНУКЛІДІВ У НАВКОЛИШНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ І ОБ'ЄКТАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА. ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА НА ЗАБРУДНЕНИХ УГІДДЯХ. МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ ЗАБРУДНЕНOSTІ СГ ПРОДУКЦІЇ.

Якщо розглянути шляхи міграції радіонуклідів у навколишньому середовищі в першому наближенні то утвориться от така схема.



На сьогоднішній лекції, шановні колеги, ми розглянемо особливості міграції радіонуклідів на першому етапі, у системі атмосфера-грунт-рослина. А наступна лекція буде присвячена системі рослина-тварина-продукція тваринництва.

Радіоактивні речовини, що потрапляють в атмосферу, у кінцевому рахунку концентруються в ґрунті. Через декілька років після радіоактивних випадань на земну поверхню, надходження радіонуклідів у рослини з ґрунту стає основним шляхом їхньої проникнення в їжу людини і корм тварин. При аварійних ситуаціях, як показала аварія на Чорнобильській АЕС, уже на другий рік після випадань, основний шлях надходження радіоактивних речовин у трофічні ланцюги - це міграція в системі ґрунт-рослина.

Радіоактивні речовини, що потрапляють у ґрунт, можуть із нього частково вимиватися і потрапляти в ґрунтові води. Проте ґрунт досить міцно утримує радіоактивні речовини, що потрапили в нього. Це поглинання радіонуклідів обумовлює (тобто є причиною) дуже тривале (протягом десятиліть) їхнє перебування в ґрунтовій покриві і надходження, що не припиняється, із цього резервуара в сільськогосподарську продукцію.

Ґрунт, як основний компонент агроценозів, робить визначальний вплив на інтенсивність включення радіонуклідів у кормові і харчові ланцюги.

Поглинання і закріплення ґрунтами радіонуклідів перешкоджає їхньому пересуванню по профілю ґрунтів (тобто у вертикальному напрямку униз), і в кінцевому рахунку визначає їхню акумуляцію у верхніх ґрунтових горизонтах. Так, на цілих ділянках, на природних луках і пасовищах радіонукліди затримуються в самому верхньому прошарку (0-5 см). Після обробки ґрунту радіонукліди знаходяться переважно в орному прошарку.

Для подальшої міграції радіонуклідів, що потрапили в ґрунт, і їхнього залучення в біологічні цикли, процес поглинання ґрунтами має двояке значення: з однієї сторони сорбція (поглинання) ґрунтами як правило знижує розміри надходження радіонуклідів у рослини; з іншого боку - акумуляція сорбованих радіонуклідів у верхніх горизонтах ґрунту, тобто у коренедоступному прошарку, прошарку найбільшого поширення коренів рослин підвищує доступність радіонуклідів для рослин, а отже, сприяє більшому накопиченню радіонуклідів у врожаї, чим при вільному переміщенні їх у більш глибокі горизонти.

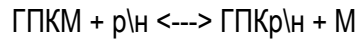
Від поведінки радіонуклідів у ґрунті залежить їхня подальша доля, як-от: розміри вимивання їх із осадами, міграція по ґрунтовому профілю, ступінь переходу в міцносорбований (фіксований) стан, і як наслідок суми всіх цих процесів - залежить інтенсивність надходження в рослини.

Чим повніше радіонукліди поглинуться **ГРУНТОВИМ ПОГЛИНАЮЧИМ КОМПЛЕКСОМ**, (ГПК), що при дуже грубому порівнянні нагадує губку, чим міцніше вони закріплюються в поглиненому стані, тим менше вони будуть вимиватися опадами, мігрувати по профілю ґрунтів, і в порівняно менших кількостях будуть надходити в рослини.

Якщо брати до уваги агрохімічні властивості ґрунтів, то слід зазначити: процес сорбції (усмоктування), у якому беруть участь радіонукліди, характеризується тим, що речовина, яка сорбується, знаходиться в мікрокількостях, тобто в гранично низьких концентраціях. Тому в процесі

поглинання мікрокількості радіонуклідів не конкурують за місце на поверхні сорбенту, тому що стосовно них насиченість сорбенту завжди залишається низкою. А та як система: тверда фаза (частина) ґрунту - ґрунтовий розчин завжди прагне бути рівноважною, то зміна вмісту мікроелементів ґрунту (Ca, Mg, Na, K, NH₃) може істотно вплинути на розподіл мікрокількостей радіонуклідів у тій же системі.

Характер взаємодії радіонуклідів із комплексом, що поглинається, у загальному можна навести такою схемою обмінної реакції



Кількісними критеріями, що описують процеси взаємодії радіонуклідів із ґрунтами є: повнота поглинання (сорбції) їх ГПК; міцність закріплення в поглиненому стані.

Останнє визначає форми перебування в ґрунті: а) водорозчинні б) обмінні в) необмінні г) міцнофіксовані форми.

Відношення сорбованого в 1 г ґрунту радіонукліда до кількості радіонукліда, що залишились у 1 мл розчину після встановлення рівноваги між розчином і ґрунтом називається **КОЕФІЦІЄНТОМ РОЗПОДІЛУ**. Чим вище розмір цього коефіцієнта, тим більше радіонуклідів сорбує ґрунтом.

Тверда фаза ґрунту досить повно сорбує всі радіонукліди, за винятком ¹⁰⁶Ru (рутенію), який у зв'язку з цим більш інтенсивно мігрує по профілю ґрунту.

Про відносну рухливість радіонуклідів у ґрунті судять по міцності їхнього закріплення в поглиненому стані, тобто по їхній кількості, витисненій з ґрунту водою і розчинами різноманітних солей.

При порівнянні здатності різних радіонуклідів до витиснення з поглиненого стану катіонами солей спостерігаються дуже різкі розходження. Так, виявляється, що в поглиненому стані радіонукліди, що живуть довго, ⁹⁰Sr і ¹³⁷Cs неоднаково витискує з ґрунтів. З усіх видів ґрунтів ⁹⁰Sr витискує в більшій кількості, чим ¹³⁷Cs.

Обидва ці основні радіонукліди, що утворюють дозу, поглинаються ґрунтами по типу іонно-обмінної сорбції. Проте поглинений ¹³⁷Cs закріплюється міцніше, чим ⁹⁰Sr. Частина ¹³⁷Cs поглинається ґрунтом у необмінній формі.

На різних ґрунтах міцність закріплення поглинених радіонуклідів неоднакова. Більш міцно вони закріплюються на чорноземах, а в дерено-підзолистих, супісчаних ґрунтах радіонукліди знаходяться в найбільш рухливому стані.

Знаючи швидкість міграції можна прогнозувати вихід основної частини радіонуклідів із коренемістящому прошарку ґрунту (показати на дошці).

До властивостей ґрунту, що впливає на поведінку радіонуклідів варто віднести: кислотність (рН) ґрунтового розчину, розмір ємності поглинання ґрунтів, склад обмінних катіонів, утримання органічних речовин, гранулометричний і мінеральний склад ґрунтів.

Збідніння ґрунтів елементом Са знижувало частку міцно закріплених радіонуклідів, і зокрема ⁹⁰Sr, додавання ж вапна до ґрунту різко підвищувало частку міцно закріплених радіонуклідів, і сприяло їх переведенню в ґрунті в необмінний стан. (Згадати про перший період після катастрофи та городи). Так, якщо з неопрацьованого суглинного ґрунту кислотою витискувало до 75% поглиненого ⁹⁰Sr, то при вапнуванні цього ґрунту аналогічне витиснення видаляло тільки 29%.

Міграція в біосфері, зокрема в ґрунті і системі ґрунт-рослина ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr тісно пов'язана з переміщенням їхніх хімічних аналогів - кальцію і калію, що присутні практично у всіх елементах зовнішнього середовища і біооб'єктах, іноді в мікро-, іноді в макроконцентраціях. На сорбційні процеси радіонуклідів у ґрунті впливає і гранулометричний склад даних ґрунтів. Це обумовлено тим, що ємність поглинання ґрунту пропорційна утриманню в ній дрібнодисперсних часток, і основну роль в обмінній спроможності ґрунтів грає мулиста фракція.

Важкими глинистими ґрунтами поглинені радіонукліди, особливо ¹³⁷Cs, закріплюються сильніше, ніж легкими, і зі зменшенням розміру фракцій ґрунту міцність закріплення ними ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr підвищується.

Значна частина ¹³⁷Cs залишається в ґрунті в міцнозв'язаній, фіксованій формі. Навіть піщані фракції ґрунтів, що практично не містять гумусу, мають спроможність міцно закріплювати мікрокількості поглиненого ¹³⁷Cs. Це свідчить про те, що в сорбції ¹³⁷Cs велике значення має і

мінеральний склад ґрунтових часток. У цьому відношенні радіонукліди краще поглинаються (до 99,9%) одними мінералами, входячи навіть у їхню кристалічну структуру, і дуже погано - з іншими мінералами (кальцитом, кварцями).

А тепер повернемося до можливих форм перебування радіонуклідів у ґрунті:

1. До **водорозчинної форми** радіонуклідів відноситься та їхня частина, що вільно переходить із ґрунту у водяний розчин.

2. До **обмінної форми** відносяться радіонукліди, що витискують із ґрунту 1 Н розчином ацетата амонію.

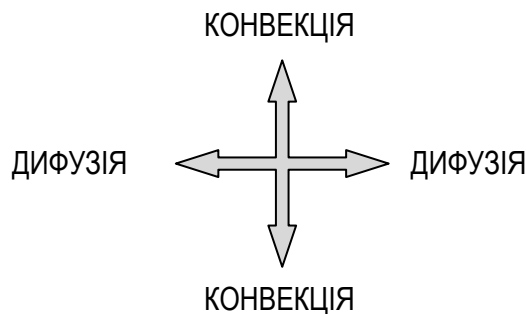
3. До **необмінної** відноситься та кількість радіонуклідів, що можна витягти з ґрунту 6Н соляною кислотою після попередньої екстракції обмінної форми.

4. До **міцно фіксованої форми** відноситься кількість радіонуклідів, що не витискується з ґрунту ніякими екстрагентами.

З часом після потрапляння радіонуклідів у ґрунт, змінюються їхні фізико-хімічні форми, радіонукліди стають менше доступними для рослин. Відбувається так називаний процес старіння радіонуклідів у ґрунтах.

Велика частина радіонуклідів при взаємодії з ґрунтом досить швидко переходить із водорозчинної форми в обмінну, потім частина обмінної переходить у необмінну. Так, вміст необмінних форм ^{90}Sr протягом 7 років після аварії на ЧАЕС збільшився в ґрунтах у 3 рази, а от фіксована частина збільшилася усього лише на 3%. У ^{137}Cs зовсім інша картина динаміки. Через 7 років значна частина ^{137}Cs (70%) переходить у міцно фіксований стан, причому з часом частка фіксованого ^{137}Cs продовжує рости.

Існує ще ряд процесів, що значно впливають на міграцію радіонуклідів у системі ґрунт-рослина. Це **ДИФУЗІЯ** - самовільне, самоплинне вирівнювання концентрації радіонуклідів при зіткненні з частками ґрунту шляхом проникнення молекул однієї речовини в іншу. Сюди ж входить і **КОНВЕКЦІЯ** - перенос радіонуклідів потоками пару, що рухаються, і рідин. Конвективний перенос важливий для водорозчинної і частково обмінної форм радіонуклідів.



Внесок цих процесів у міграцію в різноманітних видах ґрунтів дуже відрізняється, і для різних радіонуклідів може варіювати в широких межах. Наприклад, найбільш визначну роль у пересуванні ^{90}Sr у чорноземі грає дифузія, а в дерено-підзолистому ґрунті - до 50% цього радіонукліда пересувається в результаті конвекції.

Різні радіонукліди в ґрунтах того самого типу мають різну швидкість міграції. Величина коефіцієнта дифузії ^{137}Cs значно нижче, ніж коефіцієнт дифузії ^{90}Sr .

Надходження радіонуклідів у рослини можна умовно розбити на 3 основних стадії:

1) завдяки дифузії іони радіонуклідів легко проникають у вільний простір тканини кореневих волосинок;

2) відтіля іони радіонуклідів переходять у провідні тканини рослин;

3) відбувається висхідний рух радіонуклідів у судинні тканини рослин.

У найбільших кількостях поглинається рослинами з живильних розчинів ^{137}Cs , значно менше ^{90}Sr . А от із ґрунту спостерігається обернена залежність. Ці процеси добре відображаються, ілюструються **КОЕФІЦІЄНТОМ НАКОПИЧЕННЯ (Кн)**. Під ним розуміють відношення вмісту радіонуклідів в одиниці рослинної маси до вмісту радіонуклідів в одиниці маси ґрунту, на якому рослина виросла. Тобто, при надходженні з водяного розчину $\text{Кн } ^{137}\text{Cs} > \text{Кн } ^{90}\text{Sr}$, а при надходженні з ґрунту $\text{Кн } ^{137}\text{Cs} < \text{Кн } ^{90}\text{Sr}$.

Радіонукліди ^{106}Ru (рутений), ^{144}Ce (церій), ^{60}Co (кобальт) концентруються переважно в кореневій системі, а ^{137}Cs і ^{90}Sr у порівняно великих кількостях накопичується в надземній частині рослин, причому по концентрації радіонукліди в частинах рослин розташовуються таким способом: солома > стебло > зерно. Виняток у деяких випадках складає розподіл ^{137}Cs .

Інтенсивність міграції щодо типів ґрунтів: найбільше накопичення ^{137}Cs спостерігається в рослинах, розташованих на підзолистих супіщаних ґрунтах, найменше - на чорноземах.

Що стосується початкового періоду кислотності ґрунтів, то з кислих ґрунтів радіонукліди надходять у рослини в значно більших кількостях, ніж із слабокислих, нейтральних і слаболужних ґрунтів.

На розмір переходу радіонуклідів із ґрунтів у рослини дуже сильний вплив має сума обмінних катіонів тропних хімічних елементів (Ca, K). І тут дуже інформативним є **КОЕФІЦІЄНТ ДИСКРИМІНАЦІЇ** - це зміна співвідношення радіонукліда і його хімічного аналога при їхній спільній міграції по біологічних ланцюгах. Пізніше ми ще разом повернемося до нього, але вже при міграції радіонуклідів в організмах тварин.

Розміри накопичення радіонуклідів у врожаї залежать від видових і сортових особливостей самих рослин. І отут вирішальну роль грають тропні елементи: у яких рослинах більше накопичується стабільного аналога (K,Ca), у тих буде більше накопичуватися і відповідного радіонукліда.

У товарній рослинницькій продукції на одиницю сухої маси врожаю більше усього ^{137}Cs і ^{90}Sr накопичується в коренеплодах і бобових, потім середнє положення - картопля і томати, і найменша кількість - у зернових.

По ступеню поглинання, засвоєння радіонуклідів різняться навіть окремі сорти одного виду рослин.

У лісових насадженнях - радіонукліди накопичуються в листвяній підстилці.

