

results. The research was carried out based on the data of 29 water gauges for the period from the beginning of observations to 2020. Such indicators as the multi-annual mean, standard deviation and asymmetry coefficient were used as statistical parameters. The analytical distribution of the appearance dates of main phases of river ice regimes is determined by the Pearson curve of type III, and empirical distribution is determined by the Weibull formula. Statistical series of the appearance dates of main phases of river ice regimes were arranged from early to late dates, namely low probability values were assigned to early dates, and large probability values were assigned to later dates.

Pearson probability distribution of type III quite successfully describes the empirical points of main phases of river ice regimes of the Pripyat basin within of Ukraine. Analytical distribution curves have a slight negative asymmetry for the dates of the ice appearance and freeze-up, and a positive asymmetry for the dates of the break-up and ice disappearance. The variability of standard deviation and multi-annual mean of the appearance dates of main phases of river ice regimes is within ± 7.5 -10 days and 3-4 weeks, respectively. In general, the appearance dates of main phases of river ice regimes, as well as their statistical parameters and probabilistic characteristics have close values that are subject to geographic zoning. The analysis of changes over time in probabilistic characteristics and statistical parameters of the dates of ice appearance and freeze-up showed that the greatest changes have by probabilities that are not repeated often, and the smallest – by multi-annual mean and asymmetry coefficients.

Keywords: ice regime, probability characteristics, Pripyat basin, statistical parameters, Pearson type III.

Надійшла до редколегії 21.07.2023

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2023.3.2>

УДК 556.5

Гребінь В.В., Гінчук Т.В.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ РЕГУЛЮВАННЯ ВОДНОГО РЕЖИМУ ОКРЕМИХ ТЕРИТОРІЙ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ

Надано характеристику природних особливостей Чорнобильської зони відчуження (ЧЗВ), зокрема характеру рельєфу, ґрунтового покриву, основних рослинних угруповань, ландшафтним характеристикам.

Детально освітлено гідрографічну мережу регіону, представлену річками, озерами, ставками, старицями річок Прип'ять та Уж, водосховищем Київської ГЕС, меліоративними каналами, водними дзеркалами перед фільтраційними дамбами.

Відзначено, що основними процесами, які формують сучасний рівень радіоактивного забруднення водних систем у ЧЗВ є природні процеси радіоактивного розпаду, вертикального заглиблення і геохімічної фіксації радіонуклідів. Аналіз даних моніторингу забруднення вод в річках і каналах зони відчуження показує, що шляхом регулювання рівнів води на більшості ділянок водозбірних територій ЧЗВ неможливо суттєво впливати на зниження забруднення вод в них порівняно із ефектами їх природного самоочищення. Тому продовжувати масштабні роботи з регулювання водного стоку гідротехнічними спорудами з метою мінімізації вносу радіоактивних речовин за межі зони відчуження є недоцільним. Доцільно залишити в експлуатації тільки ті системи, що дозволяють підтримувати підвищене зволоження на торфовищах, зменшуючи ризики пожеж.

Детально висвітлюються дослідження, проведені на меліоративній системі «Буряківка» в басейні р. Сахан, як експериментальному полігоні регулювання режиму заплавлених територій ЧЗВ. Обґрунтовано використання методу дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для контролю водного режиму та моніторингу трансформації меліоративних систем у водно-болотні угіддя. Зокрема, проведення спектрального аналізу пікселів зображення у різних частинах спектра за допомогою вегетаційних індексів.

Відзначено позитивний природоохоронний ефект від збільшення площ водно – болотних угідь у зоні відчуження в умовах перспектив змін клімату і в умовах вірогідності збільшення випадків засушливих періодів на території Полісся.

Ключові слова: Чорнобильська зона відчуження, водний режим, регулювання.

Вступ. Регіон дослідження охоплює територію в межах української частини басейну р. Прип'ять, до якої входять водозбори рр. Уж, Сахан, Ілля, Вересня та інші. Ці водозбірні території розташовані у Чорнобильській зоні відчуження (ЧЗВ), що була радіоактивно забруднена внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС (ЧАЕС) у 1986 р. Особливістю регіону є те, що це перезволожені території українського Полісся, значні площі яких займають колишні меліоративні осушувальні системи.

Протягом перших років після аварії у ЧЗВ було побудовано десятки гідротехнічних споруд, основною метою яких було регулювання водного стоку з метою його затримання,

недопущення змиву радіонуклідів з водозбірних територій і водно–болотних угідь, регулювання внутрішньорічного розподілу стоку в багатоводні роки на одних територіях і недопущення пересушення інших територій. Подальші моніторингові спостереження і дослідження показали, що перекриття дамбами долин малих річок і підтоплення забруднених територій призводить лише до збільшення стоку радіонуклідів, після чого було прийнято рішення розібрати значну кількість дамб у русловій частині, а заплавні території почали трансформуватися у водно – болотні угіддя. Регулювання водного режиму радіоактивно забруднених територій вимагає значних коштів, оскільки сотні кілометрів старих меліоративних каналів потребують їх регулярного очищення та підтримки технічного стану гідротехнічних споруд.

Таким чином, з часом, роботи із системного регулювання поверхневого стоку шляхом управління гідротехнічними спорудами у зоні відчуження стали неефективними, а їх вплив на зниження міграції радіонуклідів і формування рівнів забруднення р. Прип'ять став незначним.

Актуальність дослідження полягає у тому, щоб визначити сучасні тенденції формування водного стоку радіонуклідів у ЧЗВ з метою оцінки можливості регулювання рівнів води у малих річках Зони відчуження для збільшення площ водно–болотних угідь, які, з одного боку, будуть сприяти відновленню біорізноманіття природних екосистем, а з іншого – сприяти зменшенню площ формування пожежної небезпеки у Чорнобильській зоні.

Мета дослідження - аналіз сучасних процесів на радіоактивно забруднених внаслідок техногенної діяльності водозбірних територіях, їх вплив на формування виносу радіонуклідів водним шляхом за межі радіоактивно забруднених територій та оцінка можливості трансформації територій колишніх меліоративних систем в водно – болотні угіддя для збільшення біорізноманіття та депонування вуглецю, а також зменшення пожежної небезпеки на території Чорнобильського радіаційно – екологічного біосферного заповідника (ЧРЕБЗ).

Аналіз виконаних раніше досліджень. Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18 липня 2012 р. № 535-р схвалено Концепцію реалізації державної політики у сфері розвитку діяльності в окремих зонах радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи реалізація якої, зокрема, передбачає «укріплення гідротехнічних споруд як основного бар'єра на шляху міграції радіоактивних речовин за межі зони відчуження, зменшення ризику виникнення лісових пожеж, радіоекологічний моніторинг зони відчуження і її цільове районування...» [6].

З метою реалізації Концепції Державним агентством України з управління Зоною відчуження (ДАЗВ) розроблено та прийнято Стратегію розвитку ЧЗВ на 2021 – 2030 рр. Мета Стратегії – визначення пріоритетів розвитку територій ЧЗВ, організаційної, виробничої, науково-технічної, природоохоронної та іншої діяльності у зоні відчуження, що спрямовується на мінімізацію екологічної небезпеки та збереження природних багатств, матеріальних, духовних і культурних цінностей, забезпечення стійкості і біорізноманіття її екосистеми та використання території зони відчуження у господарських цілях [7].

Аналіз отриманих відділом радіаційного моніторингу природного середовища Українського гідрометеорологічного інституту ДСНС та НАН України (ВРМПС УкрГМІ) даних щодо площ підтоплення і площ водно – болотних угідь у ЧЗВ в умовах багатоводних і маловодних років показав, що після більше ніж 35 років з моменту формування початкового забруднення водозборів, режим зволоження територій не має суттєвого впливу на вміст основних радіонуклідів, що формують радіоактивний фон, у р. Прип'ять [2].

Було розроблено концепцію управління водними об'єктами в умовах реорганізації діяльності у зоні відчуження, організації біосферного заповідника та зони спеціального промислового використання, яка визнала, що основною стратегією регулювання вод у зоні відчуження має стати не намагання подальшого зменшення змиву радіонуклідів з територій Зони відчуження у р. Прип'ять, а фактори забезпечення гарантованого технічного водопостачання промислової діяльності у Зоні відчуження ЧАЕС, намагання утримувати зволоженими території, які можуть стати осередками формування пожеж у засушливі сезони року, а також розширення площ водно – болотних угідь, які будуть

сприяти розширенню біологічного різноманіття у межах більшої частини Зони відчуження, яку займають на даний час території ЧРЕБЗ [2].

Матеріали та методи дослідження. Вихідними матеріалами дослідження слугували результати багаторічних спостережень за станом водних об'єктів Чорнобильської зони відчуження, процесів міграції радіонуклідів, проведених співробітниками ВРМПС УкрГМІ, Державного спеціалізованого підприємства «Екоцентр» (м. Чорнобиль), а також аналіз результатів науково – дослідних робіт, дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ).

Методи дослідження – теоретичні та практичні дослідження, спостереження, узагальнення в комплексі із сучасними методами моделювання, картографічний та геоінформаційний метод оцінки можливості регулювання водного режиму територій Чорнобильської зони відчуження в якості природоохоронного заходу.

Виклад основного матеріалу.

Природні особливості території ЧЗВ. Українська частина ЧЗВ розташована в межах Українського Полісся. З півночі та північного сходу обмежена державним кордоном України з Республікою Білорусь, рікою Прип'ять та Київським водосховищем. Територія знаходиться в межах Прип'ятської низовини Київського Полісся. Її можна охарактеризувати слабо хвилястим типом рельєфу, де переважають незначні амплітуди коливання відносних висот з обширними слабо дренованими, часто заболоченими пониженнями, що чергуються з незначними за площею підвищеннями з пологими схилами та плоскими вершинами. Долини річок, переважно, неглибоко врізані а їх низькі терасовані схили плавно переходять у рівнини межиріч.

Оскільки територія ЧЗВ займає низовинну рівнину, де переважають зандрові, долинно – зандрові і долинно – піщані льодовикові та алювіальні відклади, на більшій частині сформувалися дерново – підзолисті піщані ґрунти. Характерними особливостями ґрунтоутворення для території ЧЗВ та і всього Полісся є легкий механічний склад ґрунтоутворних порід, які в основному представлені піщаними, глинисто – піщаними і супіщаними флювіогляціальними відкладами та мореною. Значну роль у ґрунтоутворенні тут відіграє близький рівень залягання ґрунтових вод, а місцями і тривалі розливи, які поширюються на заплаву і подекуди тераси чи навіть вододіли, що є причиною формування дерново – підзолистих ґрунтів з різним ступенем оглеєння [4].

Широко поширені торфовища низинного типу та торфово – болотні ґрунти на заболочених вододілах, заплавах річок, широких долинах та залишках реліктової гідрографічної мережі – рис. 1.

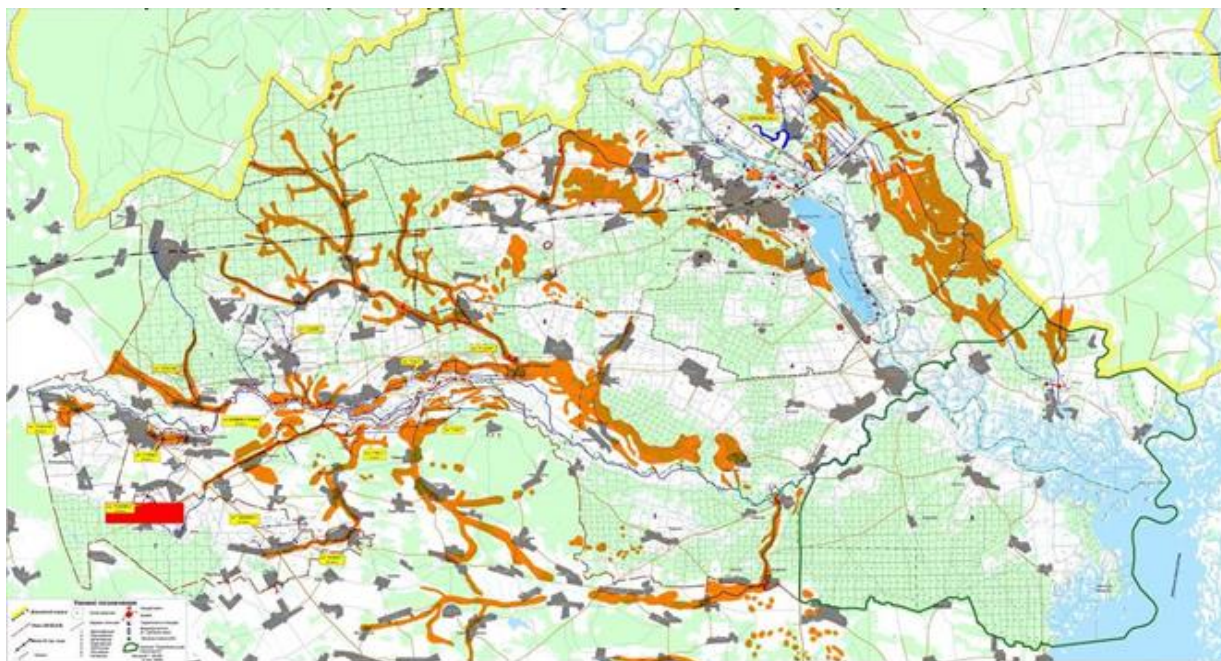


Рис. 1. Картохема залягання торфовищ у Зоні відчуження і Зоні безумовного (обов'язкового) відселення (ЗБ(ОВ))

Рослинність зони розвивається – відповідно до притаманних даній території кліматичних та ґрунтових умов – переважно в напрямку відновлення лісів різного складу на відкритих площах (перелогах) та переформування існуючих лісових насаджень згідно з особливостями ґрунтового покриву.

В існуючих типах рослинного покриву Зони відчуження можна виділити основні групи наземних рослинних угруповань – ліси, луки, перелоги, болота.

Ліси представлені наступними культурами:

1. Соснові ліси злаково – лишайникові;
2. Соснові, березово – соснові та дубово – соснові трав'яно – чагарничково – зеленомохові ліси.
3. Дубові та грабово – дубові ліси з домішкою сосни.
4. Березові та сосново – березові ліси на місці соснових та дубово – соснових.
5. Осикові ліси на місці дубово – соснових, грабово – дубових та соснових лісів.

Лучна рослинність представлена на території зони відчуження і зони безумовного (обов'язкового) відселення досить широко (10,5% площі).

Трав'яні та трав'яно – мохові болота Зони відчуження і Зони безумовного (обов'язкового) відселення належать до двох типів живлення: низинні, або евтрофні болота; перехідні, або мезотрофні. Болота займають усі пониження у заплавах та надзаплавних терасах і хоча площа їх порівняно незначна, вони є акумуляторами радіонуклідів, які надходять шляхом поверхневого стоку [4].

Гідрографічна мережа і гідрологічний режим території. Поверхневі води зони відчуження представлені річками, озерами, ставками, старицями рік Прип'ять та Уж, водосховищем Київської ГЕС, меліоративними каналами, водними дзеркалами перед фільтраційними дамбами.

Основною водною артерією зони відчуження є р. Прип'ять, що перетинає територію зони з північного заходу на південний схід і впадає в Київське водосховище. Довжина річки у межах зони відчуження (від кордону з Республікою Білорусь до гирла) - 50 км, площа водозбору 2,0 тис. км².

Основним джерелом живлення річок зони відчуження є сніговий покрив. Доля стоку талих вод становить близько 60% річного; решта стоку розподіляється, в залежності від окремих річкових басейнів, на ґрунтове і дощове живлення. Такий характер живлення накладає свій відбиток на режим рівнів на протязі року. Доля підземного живлення значна і дорівнює 20 – 33% від сумарного стоку. Дощове живлення в основному впливає на формування стоку малих річок [3].

Найбільшою притокою Прип'яті в межах зони відчуження є р. Уж, що протікає по південній периферії зони і впадає в Прип'ять нижче м. Чорнобиль. У межах зони розташовано близько 20 % водозбору Ужа – нижня, в основному, лівобережна його частина від смт Поліське до гирла. На цій ділянці найбільш великими лівобережними притоками Ужа є річки Грезля та Ілля, правобережними – річки Бобер та Вересня.

На правобережжі Прип'яті цілком у зоні відчуження розташований водозбір р. Сахан, що впадає в Прип'ять біля с. Новошепеличі, і р. Глиниця.

Територія ЧЗВ має густу гідрографічну мережу окрім природних русл малих річок і їх притоків, ще й значну кількість магістральних і розподільчих каналів меліоративних систем, водний стік яких зарегульований великою кількістю гідротехнічних споруд збудованих переважно в 1960–70 роки, основним призначенням яких було комплексне сезонне регулювання водного режиму територій, а саме осушення та зволоження сільськогосподарських угідь.

Всього на території ЧЗВ знаходиться 27 колишніх меліоративних систем, загальна площа яких складає 25 тис. га. з яких майже 7,1 тис. га. є торфовищами. Магістральні канали мають довжину більше 160 км [1]. До моменту аварії на ЧАЕС більшість регулюючих затворів було перекрито для забезпечення оптимального вологозапасу на період сівби і початок вегетації. За період з 1986 року господарський догляд за меліоративними системами не здійснювався. Після аварії багато малих водотоків, у тому числі і каналізованих, були перекриті фільтруючими перемичками і дамбами. Частина систем, або їхні ділянки, відтоді так і залишилися зарегульованими, що стимулювало процеси заростання і замулення річищ.

Заростання і замулення водотоків неминуче призводять до застою і підйому рівнів води і, як наслідок, до підпору ґрунтових вод. Завдяки заростанню, підйому рівня й інтенсивному замуленню відбувається ускладнення водообміну. Уповільнений відтік води призводить до скорочення межених періодів, зростання тривалості періодів живлення ґрунтових вод поверхневими, і, як наслідок, навіть при поступовому збільшенні середньорічних рівнів ґрунтових вод, до зниження ґрунтового відтоку в канали і малі річки, зменшення загальної дренажності території. Це призводить до додаткових витрат води на насичення зони аерації і до заболочення земель із збільшенням сумарного випаровування [1].

Особливості радіоактивного забруднення водних об'єктів. Водозбірні території малих річок і водойм зони відчуження характеризуються дуже високими рівнями радіоактивного забруднення. Водночас, продовжуються природні процеси самоочищення водозборів і водних систем, значна кількість радіонуклідів заглибилася з поверхні у ґрунтову товщу нижче ефективного шару формування поверхневого змиву [2]. Відповідно, знизилася модуль змиву радіонуклідів з водозборів у поверхневі водні об'єкти і рівні забруднення вод. Загальна активність цезію – 137 і стронцію – 90 знизилася більше ніж у 2 рази в результаті їх ядерно – фізичного розпаду. Деякі водозбірні території трансформовано у водно – болотні угіддя, а тому вони перетворилися на довготривалі джерела, хоч і незначного, але хронічного забруднення річок. Натомість, загальна величина стоку радіонуклідів із водами малих річок і меліоративних каналів у р. Прип'ять є невисокою. Щорічно стік стронцію – 90 із зони ЧАЕС зменшується, а стік цезію – 137 в басейні р. Прип'ять формується переважно за межами зони розташування водозборів зони відчуження.

Дані спостережень за гідрологічним режимом за післяаварійний період вказують на те, що суттєвий вплив на змив радіонуклідів з водозборів річок ЧЗВ мав місце лише декілька разів, а саме: під час дощових паводків влітку 1987 р., затоплення льоду у січні 1991 р., що спровокували затоплення заплави р. Прип'ять, а також під час значних весняних повеней в 1993, 1994, 1999, 2005 та 2013 рр. Таким чином, основним фактором гідрологічного впливу на забруднених територіях є змиви, які виникають на заплавах територіях, що є відгородженими протиповеневими дамбами.

Домінуючим шляхом щорічного надходження радіонуклідів, після аварії в 1986 р., до р. Прип'яті, був стік з водозборів, що знаходяться поза межами ЧЗВ, оскільки на ділянці, що проходить в межах зони відчуження формується від 2% до 5% стоку цезію – 137 у маловодні роки та до 20% у багатоводні. Водний стік стронцію – 90 з водами р. Прип'яті у дніпровські водосховища на даний час формується переважно у межах ближньої зони відчуження (від 50% до 70%). Натомість, за кількісними показниками його вплив на формування забруднення р. Прип'ять є незначним, а тренди зниження забруднення вод в річках зберігаються.

Результати середньо річних даних спостережень за витратами води і вмістом радіонуклідів у воді малих річок ЧЗВ за результатами досліджень УкрГМІ і ДСП «Екоцентр» наведено на рис.2.

Таким чином, будь – які заходи з регулювання вод на малих річках зони відчуження і у меліоративних системах не можуть суттєво впливати на підвищення вмісту радіонуклідів чорнобильського походження у воді дніпровських водосховищах. Що дозволяє вивести з експлуатації значну кількість гідротехнічних споруд, за допомогою яких здійснюють регулювання водного стоку з водозбірних територій зони відчуження у р. Прип'ять, оскільки ефект такого регулювання не можна обґрунтувати з позицій застосування принципів радіаційного захисту [2].

З іншого боку, у зоні відчуження є водні об'єкти із відносно високими рівнями радіоактивного забруднення, що мають залишатися об'єктами радіаційного контролю (водойми, що утворилися на місці колишньої водойми – охолоджувача ЧАЕС після випуску вод із нього та деякі озера: Азбучин, Глибоке, Вершина та інші).

Водорегулюючі споруди у ЧЗВ та їх роль у регулюванні стоку. Регулювання водного стоку із водозбірних територій і підтоплених меліоративних систем протягом багатьох років, що минули після аварії на ЧАЕС, і до теперішнього часу здійснювалося з метою мінімізації забруднення радіонуклідами поверхневих і підземних вод, і їх

винесення у р. Прип'ять і за межі забруднених територій і водних об'єктів ЗВ і ЗБ(О)В. Регулювання стоку здійснювалося також з метою підтримки оптимального режиму зволоження територій і запобігання пожежам, а також з метою підтримки технічного водопостачання об'єктів ЧАЕС. Це досягалося шляхом регулювання стоку води гідротехнічними спорудами на малих річках, в каналах меліоративних систем і польдерних територій.

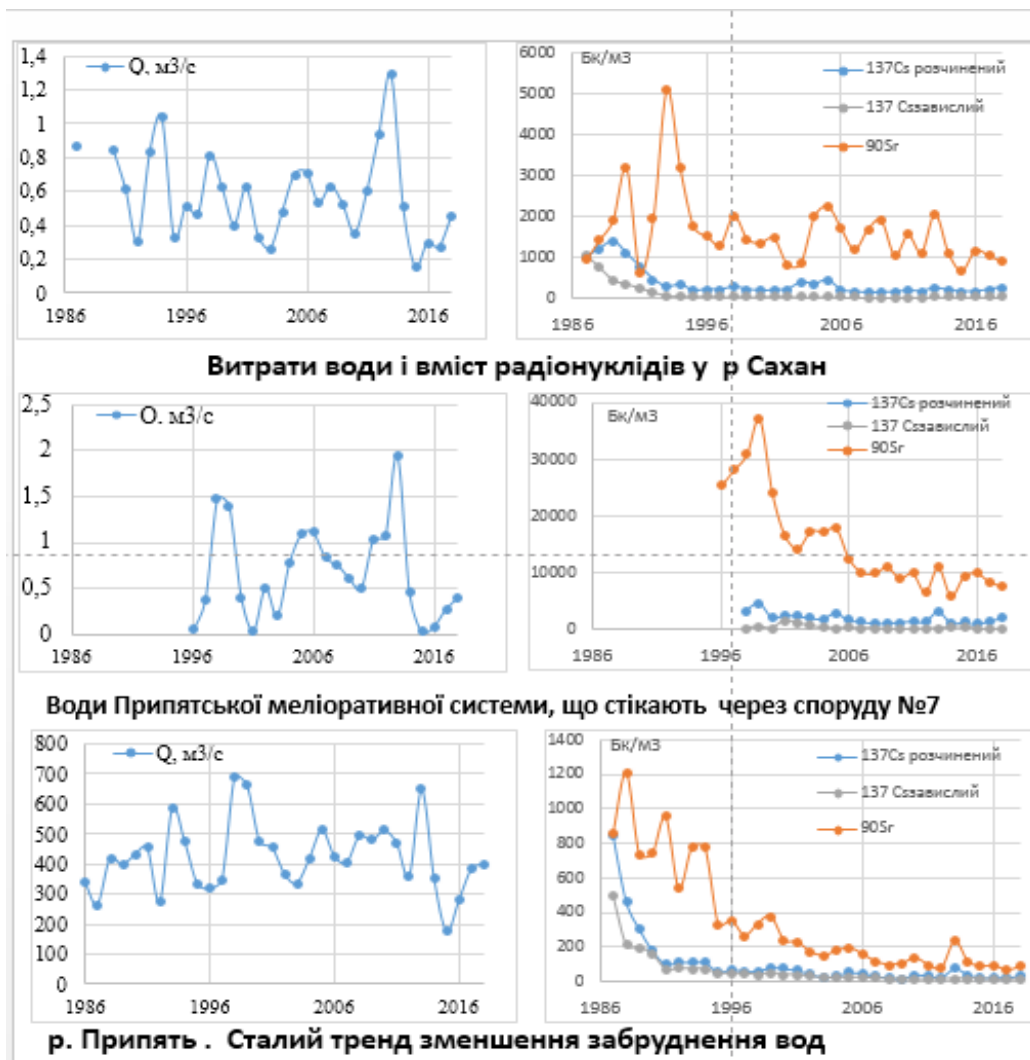


Рис. 2. Результати спостережень за стоком води і забрудненням (осереднені за рік дані) у зоні відчуження ЧАЕС (дані УкрГМІ і ДСП «Екоцентр»)

На території ЧЗВ знаходиться значна кількість гідротехнічних споруд водоохоронного призначення, що були спеціально збудовані протягом 1986 – 1987 рр. з метою регулювання радіоактивно забрудненого водного стоку з водозборів малих річок у межах зони навколо зруйнованої ЧАЕС. Практично одразу після побудови було визнано, що більшість із цих споруд є не ефективними, тому більшість із них були частково розібрані, щоб не підтоплювати значні площі радіоактивно забруднених територій. На деяких із річок (рр. Сахан, Ілля), де були споруджені дамби з фільтраційними касетами у перші післяаварійні роки, на етапі виведення їх із експлуатації (1988 р.) тіло дамб було розібрано тільки у межах русел водотоків і тільки для їх надводної частини. Залишки дамб продовжують виконувати роль переливних порогів, створюючи підтоплення прилеглих заплавної і водозбірних територій річок вище за течією. Також після аварії на ЧАЕС меліоративні осушувально – зволожувальні системи зони відчуження були виведені з експлуатації і слугували переважно в якості акумулюючих ємностей для забрудненого

радіонуклідами стоку з водозборів. У результаті процесів природного старіння і руйнування, меліоративні системи в даний час лише частково виконують функції водного регулювання. Там, де немає підірних споруд – водозбори характеризуються підвищеною дренажією і перевагою в сумарному стоці підземної складової. На ділянках, де залишені закритими регулюючі споруди (шлюзи – регулятори), або влаштовані дамби і перемички, канали перетворюються в слабо стічні і застійні водойми з інтенсивним заболочуванням прилеглої площі [2].

Аналіз даних моніторингу забруднення вод в річках і каналах зони відчуження показує, що шляхом регулювання рівнів води на більшості ділянок водозбірних територій ЗВ і ЗБ(О)В неможливо суттєво впливати на зниження забруднення вод в них порівняно із ефектами їх природного самоочищення. Тому продовжувати масштабні роботи з регулювання водного стоку гідротехнічними спорудами з метою мінімізації вносу радіоактивних речовин за межі зони відчуження є недоцільним. З іншого боку, значні території ЗВ і ЗБ(О)В перейшли у статус біосферного заповідника, для якого засобами регулювання водного стоку можна розширити площі водно – болотних угідь, що є сприятливим для його розвитку.

Меліоративна система «Буряківка» в басейні р. Сахан, як експериментальний полігон регулювання режиму заплавної території. Стік р.Сахан (довжиною близько 13 км) практично повністю формується у межах зони відчуження. На даний час річка значною мірою є каналізованою і покрита водно – болотними угіддями, що утворилися після будівництва дамб і водорегулюючих споруд у верхів'ях її приток. В басейні р. Сахан у 1986 р. було збудовано низку дамб із водопропускними перемичками і фільтраційними вікнами, що суттєво змінили природний стік.

Для проведення досліджень, в якості експериментального полігону, співробітниками відділу радіаційного моніторингу природного середовища УкрГМІ, була вибрана меліоративна система «Буряківка» на водозборі р. Сахан (рис.3).

Ділянка розташована між відселеними селами Нова Красниця і Буряківка, з півдня межує з залізницею Овруч – Янів, з півночі перекривається водоохоронною дамбою № 63.

Для оцінки можливості регулювання водного режиму території розміщення меліоративної системи «Буряківка», розроблено геоінформаційну базу даних, в якій зібрано картографічні векторні та растрові матеріали різних масштабів для ділянки дослідження. В створеній базі знаходяться десятки шарів даних, наприклад: рівні радіаційного забруднення цезієм – 137, стронцієм – 90 та іншими елементами станом на момент проведення дослідження; ґрунтовий покрив; залягання торфовищ; ізолінії та висотні відмітки; вегетаційний покрив; шляхи сполучення, гідрографічна мережа та інші (рис.4).

Важливим методом контролю водного режиму та моніторингу трансформації меліоративних систем у водно-болотні угіддя є дистанційне зондування Землі.

Методи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) ґрунтуються на реєстрації і подальшій інтерпретації відбитої сонячної радіації від поверхні ґрунту, рослинності, води та інших об'єктів. Перенесення пристроїв, що реєструють, у повітряний або навколосезонний простір дозволяє одержати значно ширше охоплення території порівняно з наземними методами досліджень.

Для отримання інформації про стан земної поверхні за допомогою космоснімків проводився спектральний аналіз пікселів зображення у різних частинах спектра. Для цього використовувалися так звані вегетаційні індекси. Вегетаційний індекс – це комбінація відбивної здатності поверхні на двох або більше довжинах хвиль, які призначені для виділення певної властивості рослинності (наприклад: наявність зеленого листя). Отримання індексів базується на властивостях об'єктів земної поверхні відбивати сонячне проміння. Вегетаційні індекси використовують для отримання нових зображень, які дають змогу, на підставі зміненого спектрального образу ефективніше інтерпретувати об'єкти земної поверхні. На теперішній час існує близько 160 варіантів вегетаційних індексів для даних різноманітних космічних місій. Їх розробляють, виходячи, головним чином, з особливості спектральної відбивної здатності рослинності або ґрунту.

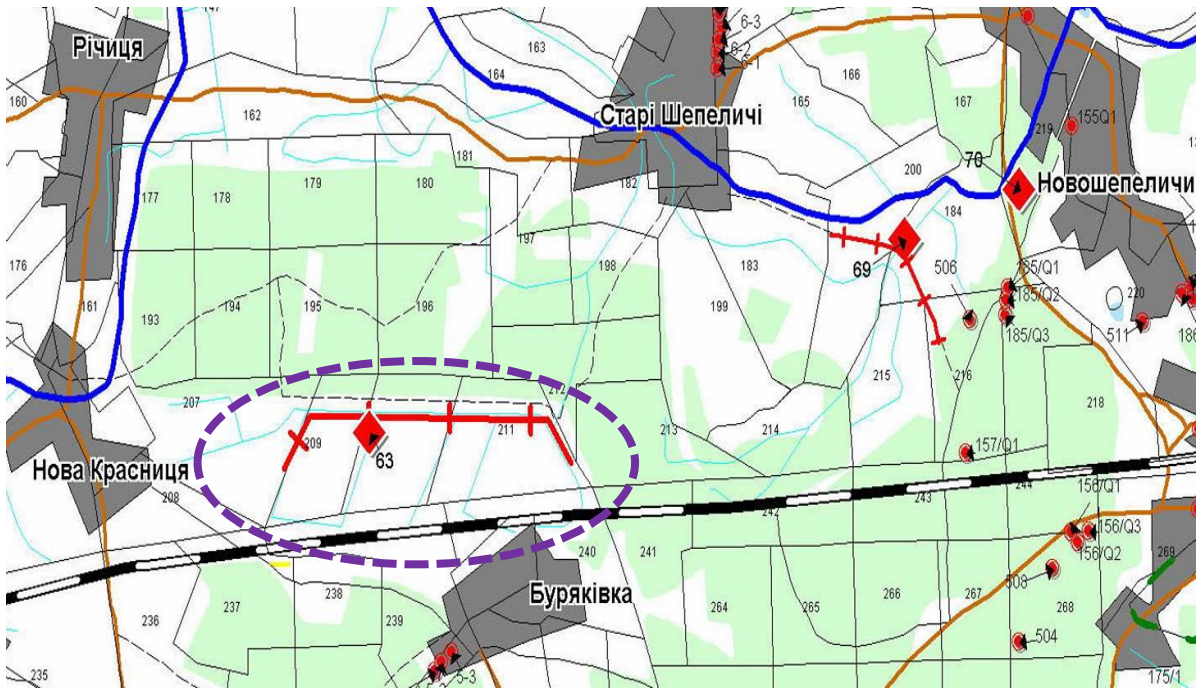


Рис. 3. Розміщення меліоративної системи «Бур'яківка» в басейні р.Сахан (дані УкрГМІ і ДСП «Екоцентр»)

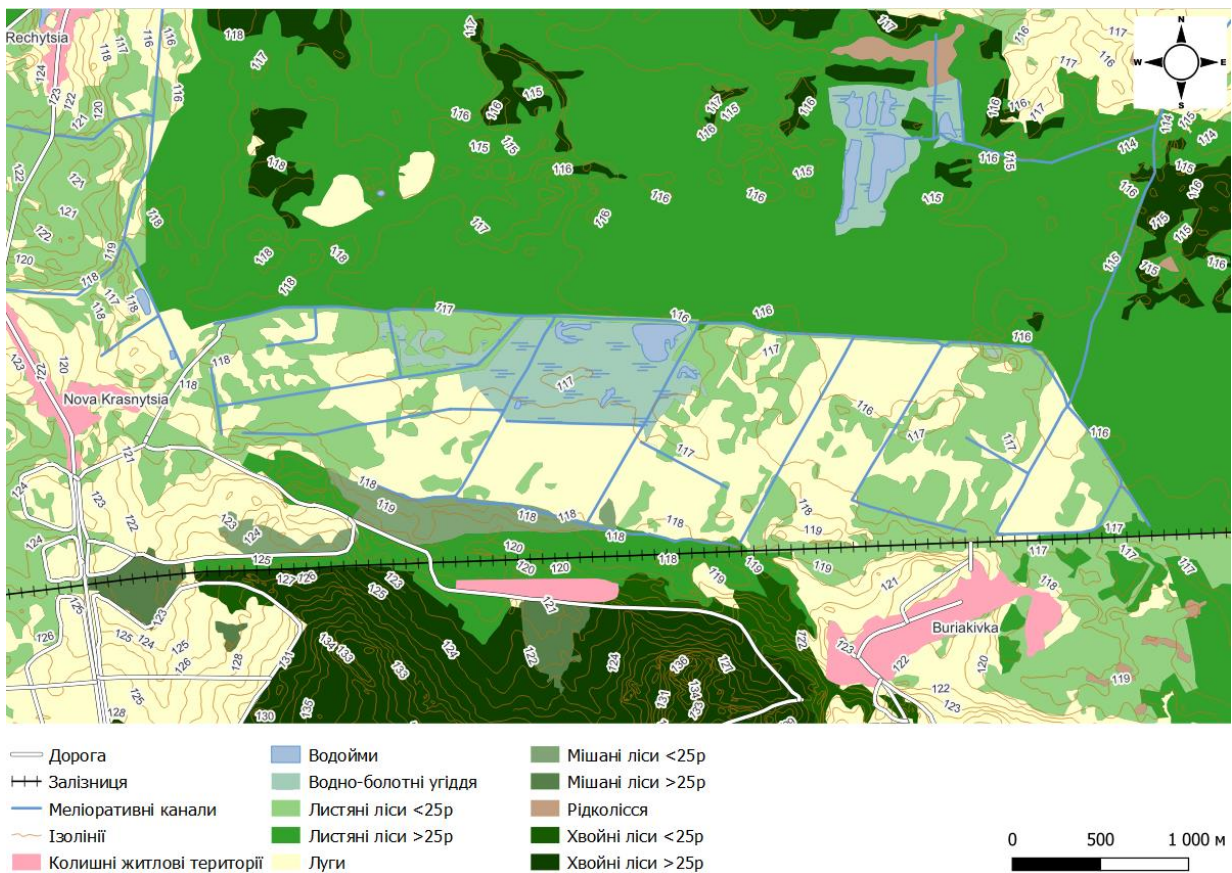


Рис. 4. Мапа набору вибірових картографічних даних, що зібрані в базі (дані УкрГМІ і ДСП «Екоцентр»)

Добре відомий і широко використовуваний NDVI є простим, але ефективним індексом для кількісної оцінки зеленої рослинності. Він нормалізує розсіювання зеленого листя в ближньому інфрачервоному діапазоні з поглинанням хлорофілу в червоному діапазоні [8].

Діапазон значень NDVI становить від -1 до 1 . Негативні значення NDVI (значення, що наближаються до -1) відповідають воді. Значення, близькі до нуля (від $-0,1$ до $0,1$), як правило, відповідають безплідним ділянкам каміння, піску чи снігу. Низькі позитивні значення представляють чагарники та луки (приблизно від $0,2$ до $0,4$), тоді як високі значення вказують на помірні та тропічні ліси (значення, що наближаються до 1). Це хороший показник живої зеленої рослинності (рис. 5) [9].



Рис. 5. NDVI території дослідження станом на 18. 03. 2023 р.

Короткохвильові інфрачервоні (SWIR) вимірювання можуть допомогти вченим оцінити, скільки води присутньо в рослинах і ґрунті, оскільки вода поглинає довжини хвиль SWIR. У цій комбінації рослинність виглядає у відтінках зеленого, ґрунти та забудовані території мають різні відтінки коричневого, а вода виглядає чорною. Нещодавно спалена земля сильно відбивається в смугах SWIR, що робить їх цінними для картографування збитків від пожежі (рис.6) [10].



Рис. 6. SWIR території дослідження станом на 18. 03. 2023 р.

Нормалізований різницею вегетаційний індекс (NDVI) широко використовується для дистанційного зондування рослинності протягом багатьох років. Цей індекс використовує випромінювання або відбиття від червоного каналу та інфрачервоного каналу. Червоний канал розташований в області сильного поглинання хлорофілу, тоді як ближній інфрачервоний канал розташований в області плато з високим коефіцієнтом відбиття рослинного покриття (рис.7) [9,11].

На сьогодні існує велика кількість хмарних ГІС – платформ, що дозволяють отримувати супутникові знімки та проводити їх аналіз з використанням наборів готових рішень, наприклад EO Browser, EOSDA LandViewer, EOS Crop Monitoring.

EO Browser – безкоштовний хмарний інструмент для візуалізації та завантаження

доступних знімків середньої і низької роздільної здатності з супутників: Sentinel – 1, Sentinel – 2, Sentinel – 3, Sentinel – 5P, Landsat, Envisat Meris, MODIS, Proba – V, GIBS.

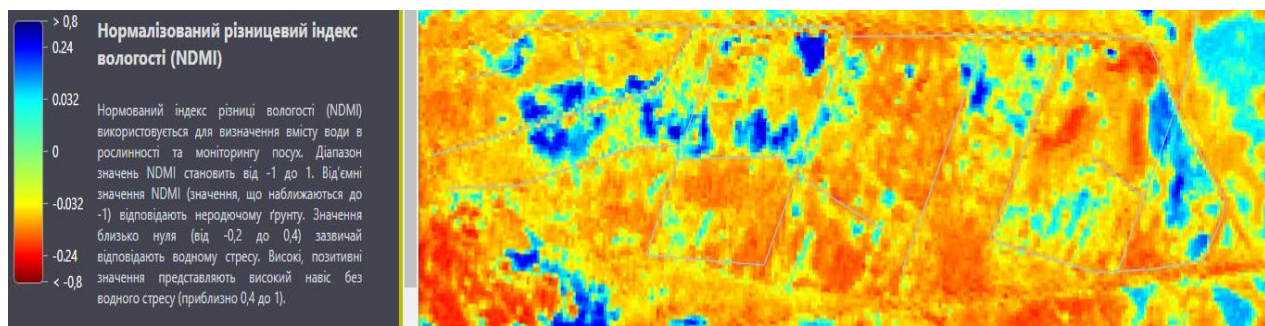


Рис. 7. NDMI (NDWI) території дослідження станом на 18. 03. 2023 р.

EOSDA LandViewer – це цифровий супутниковий інструмент від EOS Data Analytics. Сервіс дозволяє здійснювати оперативний пошук, візуалізацію та обробку даних, має понад 20 стандартних комбінацій діапазонів та індексів, таких як NDVI, NBR, SAVI.

EOS Crop Monitoring – це пакет інструментів, який дозволяє отримувати вичерпну інформацію про стан полів та погодні умови в будь – якій точці світу. Сервіс поєднує дані Landsat, MODIS, Sentinel та інших супутників.

Таким чином, поєднуючи різноманітні безкоштовні джерела супуткової інформації, та комбінуючи їх, можна проводити без перешкод моніторинг території дослідження отримуючи як мінімум три супутникових знімки на тиждень, а завдяки обширному архіву проводити порівняння та аналіз змін території під дією різноманітних факторів в часовому розрізі.

Можливе збільшення площ водно–болотних угідь як протипожежний захід.

На водозборах малих річок і прилеглих до каналів територій меліоративних систем у межах ЗВ і ЗБ(О)В за роки після аварії в умовах діючих регламентів регулювання вод сформувався режим надлишкового зволоження, що позитивно відображається на відновленні характерного режиму водності для Полісся та поступового відновлення природного заболочування територій (7–15% від площі водозбору). В умовах призупинення регулювання стоку води на меліоративних системах в басейні річки Уж і Прип'ятської лівобережної меліоративної системи будуть зберігатися тенденції заболочування території. Очікуване збільшення площ заболочених територій за результатами аналізу космічних знімків зон підтоплення у багатоводні роки дозволяють припускати, що перетворення меліоративних систем у водно–болотні угіддя збільшить площі зволених територій до 20% від сучасного рівня. Тому суттєвого впливу на зміну водного балансу і гідрологічного режиму річок не можна очікувати. Натомість буде спостерігатися збільшення періоду зволоження торфовищ, що сприятиме зменшенню ризиків виникнення і розвитку пожеж на таких територіях.

Оцінки, які виконано на основі аналізу супутникових даних щодо зволоження територій у багатоводні роки і періоди повного перекриття дренажних каналів, показали, що у межах Прип'ятської меліоративної системи частка заболочених територій у маловодні і середні за водністю роки може складати близько 5% (4,9 км²). Натомість у багатоводні періоди площі затоплення можуть збільшуватися (переважно на заплавах річок) у 3 – 5 разів.

Наразі меліоровані землі займають біля 280 км² територій ЧЗВ. Якщо порівняти карти гідрологічної мережі ЧЗВ та частоти виникнення пожеж, то можна помітити, що пожежі частіше поширюються вздовж заплава та меліоративних каналів, особливо в весняний період (рис.8). Цьому сприяють значні запаси сухостою у вигляді сухої дернини та очерету вздовж каналів, що є легкозаймистим матеріалом [5].

За попередніми оцінками ВРМПС УкрГМІ повернення раніше осушених за рахунок меліорації територій до їх первинного стану, шляхом повторного заболочування дозволить зменшити кількість і масштабність пожеж на території ЧЗВ. Крім підвищення

пожежної безпеки, відновлення водно болотних угідь також сприятиме зростанню біорізноманіття та депонуванню вуглецю.

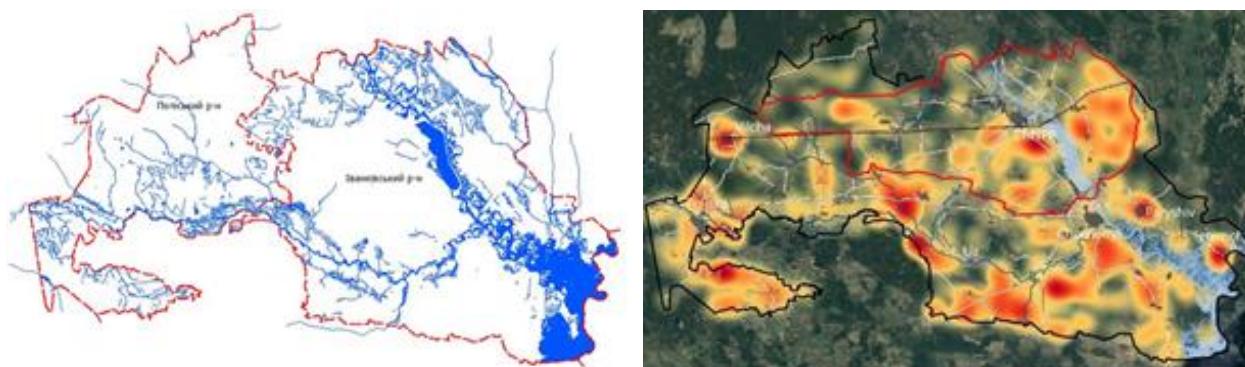


Рис. 8. Порівняння зон розташування меліоративних систем у ЧЗВ (зліва) і схеми ділянок із найбільшою частотою виникнення пожеж (справа)

За попередніми оцінками ВРМПС УкрГМІ повернення раніше осушених за рахунок меліорації територій до їх первинного стану (шляхом повторного заболочування) дозволить зменшити кількість і масштабність пожеж на території ЧЗВ. Крім підвищення пожежної безпеки, відновлення водно-болотних угідь також сприятиме зростанню біорізноманіття та депонуванню вуглецю [2].

Більша частина території ЗВ і ЗБ(О)В набула статусу «радіаційно екологічний біосферний заповідник», одним із основних завдань якого стало збереження умов для сталого розвитку природних екосистем і розвитку біорізноманіття. Розширення площ водно – болотних угідь за рахунок засобів затримки водного стоку на частині водозборів зони відчуження є одним із сприятливих факторів підтримки водного режиму території.

Пожежі завжди були явищем характерним для поліських екосистем. Проте, зростання температури повітря, зменшення водності річок призводить до розширення і збільшення вірогідності їх виникнення.

Так сталося, наприклад, у квітні 2020 р. Ця пожежа на території Чорнобильського радіаційно – екологічного біосферного заповідника за об'ємом наслідками мала катастрофічний характер. Загальна площа, пройдена вогнем у 4 осередках, склала майже 52 тис га. Внаслідок цієї пожежі на території заповідника було пошкоджено та знищено більше 32 тис га лісів (23% від загальної площі лісів), 10,7 тис га перелогів, біля 3,5 тис га боліт [5]. Обстеження згаріщ показало найвищий ризик загибелі соснових лісів, а також березових і вільхових лісів на заболочених ділянках, які в умовах низької водності не мали достатньої кількості водо – насичення, тому вогонь розповсюджувався у тому числі по висохлим ділянкам зон травостою і чагарників.

Проте, відновлення водно – болотних угідь у 2021 р. після пожежі 2020 р. пройшло досить успішно завдяки наявності певного рівня вологості у середовищі абсолютна більшість водно – болотних угідь, успішно відновилися.

Завдяки інструментам дистанційного зондування для моніторингу води у водно – болотних угіддях можна спостерігати за їх сезонним характером та рівнями їх затоплення. В умовах мінливого клімату доцільно підвищувати спроможність здійснювати регулярний моніторинг ключових показників функціонування водно – болотних угідь, таких як гідроперіоди. Основним недоліком даних ДЗЗ та аналізу індексів є те, що вони не можуть виявити воду під рослинним покривом, а водно-болотні угіддя часто характеризуються наявністю надводних рослин різної висоти та щільності (наприклад, очерет, кущі, рогіз, верба тощо). Тому важливо проводити комбіновані дослідження та спостереження за станом водно – болотних угідь.

Для сталого розвитку біорізноманіття потрібно зберегти не тільки достатній рівень зволоження територій але і запобігати виникненню пожеж, які часто формуються саме на

осушених ділянках водно – болотних угідь порослих очеретом і висохлою травою торф'яників.

Висновки.

1. Основними процесами, що формують сучасний рівень радіоактивного забруднення водних систем у ЗВ ЧАЕС є природні процеси радіоактивного розпаду, вертикального заглиблення і геохімічної фіксації радіонуклідів.

2. Регулювання стоку (рівнів і витрат води) з метою недопущення суттєвого затоплення і змиву радіонуклідів в річки втратило свою актуальність.

3. Меліоративні системи у ЗВ втратили своє призначення. Тому продовження їх експлуатації не є обґрунтованим і вони мають бути виведені із експлуатації.

4. В сучасних умовах пізнього поставарійного періоду змінюється парадигма управління водними стоками (об'єктами). Припинення експлуатації дренажних каналів призведе до підтоплення і розширення водно – болотних угідь. Результати оцінок показали, що підтоплення не призведе до суттєвого збільшення стоку радіонуклідів у водні системи.

5. Доцільно залишити в експлуатації тільки ті системи, що дозволяють підтримувати підвищене зволоження на торфовищах, зменшуючи ризики пожеж.

6. Виведення із експлуатації ГТС не передбачає демонтаж дамб, які на далі будуть відігравати основну роль у стримуванні і пасивній регуляції стоку (зменшення пікових витрат, ріст акумуляції стоку на заплавах територіях, сприятиме збільшенню компоненти інфільтраційного живлення підземних вод і випаровування в балансі стоку.

7. В умовах перспектив змін клімату і в умовах вірогідності збільшення випадків засушливих періодів на території Полісся збільшення площ водно – болотних угідь у Зоні відчуження очікувано буде мати позитивний природоохоронний ефект, в тому числі відповідає умовам розвитку заповідних територій у зоні відчуження.

Список літератури

1. *Войцехович О.В.* К вопросу о концепции мероприятий по защите вод от вторичного радиоактивного загрязнения после аварии на Чернобыльской АЭС // Тр. УкрНИГМИ, вып. 245, 1993. С. 88–105.

2. *Войцехович О.В., Тодосієнко С.В., Лісовий Г.В. та ін.* Концепція управління водними об'єктами в умовах реорганізації діяльності у зоні відчуження, організації біосферного заповідника та зони спеціального промислового використання. К. «Центр моніторингових досліджень і природоохоронних технологій». 2019. 29 с.

3. *Гребінь В.В.* Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). Київ: Ніка-Центр, 2010. 316 с.

4. *Давидчук В.С., Зарудная Р.Ф., Михели С.В. та ін.* Ландшафты Чернобыльской зоны и их оценка по условиям миграции радионуклидов. К: Наук. думка, 1991. 112 с.

5. Звіт комісії щодо оцінки наслідків від пожеж в екосистемах Чорнобильського радіаційно – екологічного біосферного заповідника протягом квітня 2020 р. Чорнобиль. ДСП «Екоцентр». 2020. 80 с.

6. «Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері розвитку діяльності в окремих зонах радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» Розпорядження КМ України від 18 липня 2012 р. № 535-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/535-2012-%D1%80#Text>

7. «Стратегія розвитку територій зони відчуження і зони безумовного (обов'язкового) відселення, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок чорнобильської катастрофи на 2021-2030 роки» URL: https://dazv.gov.ua/attachments/c80519b0-7495-46ac-887a-00d819ed9f7a_11.12-stratehija.pdf

8. Bo-cai Gao. NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space // Remote Sensing of Environment. 1996. Vol. 58. Issue 3. P. 257-266.

9. <https://eos.com/make-an-analysis/ndvi/>

10. <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/sentinel-2/swir-rgb/#>

11. <https://www.usgs.gov/landsat-missions/normalized-difference-moisture-index>

References

1. *Vojcekhovych O.V.* K voprosu o koncepcyyu meroprlyatuj po zashhyte vod ot vtorychnogho radyoaktyvnogho zaghrjaznenyja posle avaryu na Chernobyl'skoj AЭС [On the issue of the concept of

measures to protect water from secondary radioactive contamination after the accident at the Chernobyl NPP]// Tr. UkrNYGhMY, вып. 245, 1993. S. 88–105.

2. *Vojcekhovych O.V., Todosijenko S.V., Lisovyj Gh.V. ta in. Konceptcija upravlinnja vodnymy ob'ektamy v umovakh reorghanzaciji dijajlnosti u zoni vidchuzhennja, orghanizaciji biosfernogho zapovidnyka ta zony specialjnogho promyslovogho vykorystannja* [The concept of management of water bodies in the conditions of reorganization of activities in the exclusion zone, the organization of the biosphere reserve and the zone of special industrial use]. K. «Centr monitoryngovykh doslidzhenj i pryrodookhoronnykh tekhnologhij». 2019. 29 s.

3. Grebin V.V. *Suchasnyj vodnyj rezhym richok Ukrajinj (landshaftno-ghidrologhichnyj analiz)* [Modern water regime of rivers of Ukraine (landscape and hydrological analysis)]. Kyjiv: Nika-Centr, 2010. 316 s.

4. Davudchuk V.S., Zarudnaja R.F., Mykhely S.V. ta in. *Landshaftu Chernobyl'skoj zony y ykh oценка po uslovyjam myghracyy radyonuklydov* [Landscapes of the Chernobyl zone and their assessment according to the conditions of radionuclide migration]. K: Nauk. dumka, 1991. 112 s.

5. *Zvit komisiji shhodo ocinky naslidkiv vid pozhezh v ekosystemakh Chornobyl'skogo radiacijno – ekologhichnogho biosfernogho zapovidnyka protjaghom kvitnja 2020 r.* [Report of the commission on the assessment of the consequences of fires in the ecosystems of the Chernobyl radiation-ecological biosphere reserve during April 2020] Chornobylj. DSP «Ekocentr». 2020. 80 s.

6. «Pro skhvalennja Konceptciji realizaciji derzhavnoji polityky u sferi rozvytku dijajlnosti v okremykh zonakh radioaktyvnogho zabrudnennja vnaslidok Chornobyl'skoji katastrofy» [«On the approval of the Concept of implementation of state policy in the field of development of activities in certain zones of radioactive contamination due to the Chernobyl disaster»] Rozporjadzhennja KM Ukrajinj vid 18 lypnja 2012 r. # 535-r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/535-2012-%D1%80#Text>

7. «Stratehija rozvytku terytorii zony vidchuzhennja i zony bezumovnoho (oboviazkovoho) vidseleennja, shcho zaznaly radioaktyvnoho zabrudnennja vnaslidok chornobyl'skoj katastrofy na 2021-2030 roky» [«Strategy for the development of the territories of the exclusion zone and the zone of unconditional (mandatory) resettlement, which were exposed to radioactive contamination as a result of the Chernobyl disaster for 2021-2030»] URL: https://dazv.gov.ua/attachments/c80519b0-7495-46ac-887a-00d819ed9f7a_11.12-stratehija.pdf

8. Bo-cai Gao NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space // *Remote Sensing of Environment*. 1996. Vol. 58. Issue 3. P. 257-266.

9. <https://eos.com/make-an-analysis/ndvi/>

10. <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/sentinel-2/swir-rgb/#>

11. <https://www.usgs.gov/landsat-missions/normalized-difference-moisture-index>

Assessment of the possibility of regulating the water regime of certain territories of the Chernobyl exclusion zone

Grebin V.V., Hinchuk T.V.

The characteristics of the natural features of the Chernobyl Exclusion Zone (CEZ), in particular the nature of the relief, soil cover, main plant groups, and landscape characteristics, are provided.

The hydrographic network of the region is detailed, represented by rivers, lakes, ponds, dams of the Pripjat and Uzh rivers, the reservoir of the Kyiv HPP, reclamation channels, water mirrors in front of filtration dams.

It was noted that the main processes that form the current level of radioactive contamination of water systems in the CEZ are natural processes of radioactive decay, vertical sinking and geochemical fixation of radionuclides. Analysis of water pollution monitoring data in rivers and canals of the exclusion zone shows that by regulating water levels in most areas of the catchment areas of the CEZ, it is impossible to significantly influence the reduction of water pollution in them compared to the effects of their natural self-purification. Therefore, it is impractical to continue large-scale works on water flow regulation by hydrotechnical structures in order to minimize the removal of radioactive substances beyond the exclusion zone. It is advisable to leave in operation only those systems that allow maintaining increased moisture in peatlands, reducing the risks of fires.

The studies carried out on the reclamation system "Buryakivka" in the basin of the Sakhan River, as an experimental training ground for the regulation of the regime of floodplains of the CEZ, are covered in detail. The use of the method of remote sensing of the Earth (DSS) to control the water regime and monitor the transformation of reclamation systems into wetlands is substantiated. In particular, spectral analysis of image pixels in different parts of the spectrum using vegetation indices.

A positive nature protection effect from the increase in the area of wetlands in the Exclusion Zone was noted in the context of the prospects of climate change and in the context of the probability of increasing cases of dry periods in the territory of Polissia.

Keywords: Chernobyl exclusion zone, water regime, regulation.

Надійшла до редколегії 24.07.2023