



Практичний посібник із повторного обводнення

**Сунна Аскельдотір (Ісландія)
Павел Павлачик (Польща)**

Практичний посібник із повторного обводнення

Автори:

Сунна Аскелсдоттір (Sunna Áskelsdóttir)

Сунна Аскелсдоттір має ступінь з природознавства та екології (спеціалізація ґрунтознавство). З 2014 року працює в державній установі Ісландії відповідальній за збереження ґрунтів. Сфера інтересів – збереження торфовищ, обрахунок викидів парникових газів, відновлення природних екосистем.

Павел Павlachик (Paweł Pawlaczyk)

Лісівник за освітою з великим науковим досвідом та роботи в природоохоронній сфері. Особливо в галузі екології лісових екосистем. Зараз працює в Клубі натуралістів, польській природоохоронній неурядовій організації. Займається насамперед плануванням та реалізацією заходів з охорони та відновлення природи (зокрема, лісів, річок та торфовищ).

Фото на обкладинці: Павел Павlachик

Переклад: Марія Павелко.

Áskelsdóttir, S., Pawlaczyk, P. (2024). Hands-on Manual on re-wetting. OTOP BirdLife Poland, Warsaw 67pp.

Аскельдотірі С., Павlachик П. Практичний посібник із повторного обводнення. UNCG, Київ, 64 с.

Даний посібник був перекладений в рамках виконання проєкту «Природоорієнтовані рішення у відновленні водного-болотних угідь для біорізноманіття, поліпшення якості води та запобігання змінам клімату». Проєкт виконується в партнерстві з Snowchange Cooperative (Фінляндія) та Ogólnopolskie Towarzystwo Ochrony Ptaków (Польща) і підтримується Радою міністрів Північних країн (NCM).

This manual was translated within the framework of the project „Nature-based solutions in open wetlands restoration for biodiversity, water quality improvement and climate mitigation”. This project is being implemented in partnership with the Snowchange Cooperative from Finland and the The Polish Society for the Protection of Birds (OTOP) from Poland and supported by the Nordic Council of Ministers (NCM).



Зміст

1.	Вступ	4
1.1.	Що таке «торфовище»? Як воно функціонує?	4
1.2.	Що означає «повторне обводнення»? Торфовища в Польщі. Торфовища в Ісландії	4 6 9
1.3.	Обґрунтування повторного обводнення	12
2.	Початкове дослідження торфовищ	16
2.1.	Які природні ознаки потрібно вивчити до початку планування відновлення торфовища? Досвід Польщі Досвід Ісландії	16 16 22
2.2.	Економічне і соціальне середовище, регулювання взаємодії зацікавлених осіб Досвід Польщі Досвід Ісландії	24 24 26
3.	Планування	27
3.1.	Ідеї, компроміси, цілі Досвід Польщі Досвід Ісландії	27 27 28
3.2.	Практична можливість реалізації, загальна ідея виконання Досвід Польщі Досвід Ісландії	29 29 32
3.3.	Формальні вимоги до планування, правові питання і практичні поради Польська система Система Ісландії	32 32 33
3.4.	Фінансування Досвід Польщі Досвід Ісландії	33 33 34
4.	Впровадження	35
4.1.	Техніки повторного обводнення Досвід Польщі Досвід Ісландії	35 35 49
4.2.	Моніторинг і адаптивне управління Досвід Польщі	50 50
5.	Звітування і презентація	55
5.1.	Успіх потребує показників	55
5.2.	Утримання води	55
5.3.	Показники біорізноманіття	55
5.4.	Показники позитивних кліматичних змін	56
Додаток: приклади повторного обводнення торфовищ у Польщі та Ісландії		57
Бібліографія		62

1. Вступ

1.1. Що таке «торфовище»? Як воно функціонує?

Торфовища – це тип водно-болотних угідь, у яких заболочення запобігає повному розкладу рослинних решток. Відповідно утворення органічних речовин перевищує їх розкладання, результатом чого є накопичення торфу, який консервується у воді. В технічному розумінні, торфовище – це екосистема в якій зустрічаються торфоутворюючі рослини, і в яких можливе накопичення торфу. Таке живе торфовище також називають болотом. Якщо болото осушують, утворення торфу зазвичай припиняється, але вже накопичений торф залишається (і може почати розкладатись). Залишки висохлого болота, після того, як припинилося утворення торфу, містять шар торфу у гірше чи краще збереженому стані. Його також можна називати «торфовищем» в широкому значенні, наприклад, коли ми говоримо про «торфовище яке потребує відновлення».

З практичних міркувань ми зазвичай називаємо «торфовищами» тільки екосистеми, які накопичили шар торфу, вищий за певний поріг: зазвичай він складає 30 см.

Живе торфовище (болото) складається із зовнішнього, живого шару акротельму, де відбувається накопичення біомаси і проходить процес утворення торфу, і внутрішнього шару катотельму, який складається з відкладень торфу. Насичення болота водою є необхідним чинником постійної консервації торфу в катотельмі, і чинником, який робить можливим утворення торфу в акротельмі. У випадку знищення торфовища, акротельм, зазвичай, зникає і торф катотельму починає розкладатись.

Основним екологічним чинником, який визначає функціонування торфовища, є вода. Залежно від джерела надходження (дощ, поверхневі води, ґрунтові води, водні горизонти і джерела, річкові чи інші підтоплення) і властивостей вод (осад, кількість фосфору, кальцію, заліза) розвиваються різні болотні екосистеми. Рослинність боліт зазвичай дуже специфічна і сильно залежить від екогідрології болота.

В сучасному світі більшість торфовищ осушені для використання як орні землі, луки, пасовища і ліси. Якщо на торфовищі відсутнє постійне затоплення, воно розкладається шляхом окиснення, яке призводить до деградації цілого торфовища і зникнення екосистемних послуг. Нам потрібні ці послуги, тому ми не можемо погодитися із їх зникненням. Для їх збереження торфовища повинні бути заболоченими, і торфовища які не є постійно вологими, повинні бути повторно заболочені.

1.2. Що означає «повторне обводнення»?

Повторне обводнення в широкому сенсі – це процес зміни осушеного торфовища на вологий торфовий ґрунт¹. Але це визначення є неоднозначним до уточнення визначення терміну «вологий». Його потрібно розуміти, щонайменше, як *«достатньо вологими, щоб запобігти погіршенню стану торфовища»*. Це означає, що рівень вод повторно заболоченого торфовища не можна бути штучно понижений, навіть тимчасово.

Точніше визначення повторного обводнення має бути наступним – *це спеціальні заходи, спрямовані на підняття рівня вод осушеного торфовища до рівня, при якому у торфовищі формується торф. Торфовище вважається повторно заболоченим, коли середній річний рівень вод знаходиться близько до поверхні ґрунту, або на рівні ґрунту.*

¹ Визначення з IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, повторене також в Ст. 3 пункт 23 Регламенту про відновлення природи (EU) 2024/1991 Європейського Парламенту і Ради від 24 червня 2024 року

Повторне обводнення означає, що торфoviще стає дійсно вологим! Це – повне або майже повне заповнення твердого шару водою, щонайменше, шляхом капілярної інфільтрації.

Не кожне покращення водних умов чи підвищення рівня вод можна назвати повторним обводненням. Основною ідеєю повторного обводнення є переключення процесу з прогресуючої деградації осушеного торфoviща на його відновлення, або, як мінімум, його консервування в існуючому стані. Отже, метою є не тільки підняття рівня води, але підняття його для відновлення насичення торфу водою.

Зазвичай, повторне обводнення є необхідним кроком у відновленні вмираючого торфoviща. Через те, що осушені торфoviща в минулому завжди були заболочені, відновлення торфoviща завжди повинне включати повторне обводнення. Однак, повторне обводнення – це не те ж саме, що відновлення вологого живого болота. Не завжди повертається рослинність, яка раніше росла, як і інші компоненти екосистеми.

Деградація болота часто є незворотною і навіть після повторного обводнення неможливо повністю відновити попередню екосистему. Навіть після повторного обводнення умови сильно відрізняються від початкових, особливо через наслідки довгострокового інтенсивного ведення сільського господарства чи незворотних змін гідрологічних умов (зниження пористості торфу, гідравлічна провідність і коефіцієнт водних запасів). Незворотнім також є розвиток колоній мікробів ґрунту і мікориз в осушених торфoviщах. Повторне обводнення частково розкладених торфoviщ зазвичай веде до розвитку еутрофної рослинності. Навіть у таких випадках повторне обводнення створює нову водно-болотну екосистему, яка може призвести до часткового відновлення деяких екосистемних послуг, які надає водно-болотне угіддя. Повторне обводнення зберігає і підтримує торф, попереджуючи його розклад. Тому це захід ключового значення для подолання кліматичних змін, навіть якщо початкове болото не буде відновлене.

Повторно обводнене торфoviще можна залишити для природних процесів. Також можливим є певне господарське використання, але зазвичай це вимагає використання спеціальних технологій. Так звані «болотні господарства» є засобом отримання сільськогосподарської продукції з повторно обводненого (чи вологого) торфoviща, наприклад для збору очерету, рогозу, деревини вільхи чи сфагнуму для садівництва. Деякі повторно обводнені торфoviща можуть використовуватися як вологі луки, якщо їх косити спеціальним обладнанням. В деяких випадках можливе випасання стійких до вологи видів і порід тварин. Однак, якщо осушене торфoviще косили або на ньому випасали худобу, просте продовження цієї сільськогосподарської практики стає неможливим після повторного обводнення.

Повторне обводнення осушених торфoviщ не завжди можливе. В деяких випадках відновлення торфозберігаючого рівня води є недосяжним, незважаючи на величезні зусилля, через незворотні зміни ландшафту (зникнення чи осідання прилеглих торфoviщ, зниження нижнього рівня дренажного водотоку), незворотні зміни цілої поверхні торфoviща (осідання торфoviща, видобутку торфу) або через кліматичні зміни (недостатність води).

У багатьох випадках, хоча повторне обводнення є технічно можливим, рівень вод можна підняти тільки частково, або тільки тимчасово, і не планується повне відновлення насичення торфу водою. Частою причиною є сільськогосподарське використання, яке не планують припинити – чи в інтересах власника ділянки, чи в інтересах збереження біорізноманіття напівприродних лук чи пасовищ. В таких ситуаціях послуги водно-болотних угідь можуть бути відновлені тільки частково. Виділення парникових газів з висохлого торфoviща можна зменшити, але не припинити.

Такі випадки – коли повного насичення водою торфу не досягнуто – не вважаються «повторним обводненням», якщо поглянути на них прискіпливо. Однак вони все одно можуть принести користь довкіллю і більшість рекомендацій цього посібника можуть до них застосовуватись.

Торфовища в Польщі

Приблизно 4,7% території Польщі, тобто приблизно 1,49 мільйонів гектарів, складають торфовища, особливо в північній частині країни. Однак, тільки приблизно 0,24 мільйонів гектарів збережено як болота, тобто із рослинністю, яка потенційно може утворити торф. В інших місцях переважають низинні болота (92% торфовищ) і верхові болота складають тільки 4,5% площі торфовищ. Середній розмір торфовища в Польщі складає 24 га і має шар торфу потужністю 1,6 м. Незважаючи на це, різноманітність болотних екосистем є високою (Котовські та ін. 2017) (Kotowski et al. 2017). Найбільш поширеними є малі і дуже малі торфовища.

За системою класифікації оселищ EUNIS (EEA 2021), оселища торфовищ поділяють таким чином:

- Верхові болота атмосферного живлення і торфові пустища (Q1)
 - Верхові болота (Q11),
- Болота у долинах, низинні болота в умовах бідного живлення і перехідні болота (Q2),
 - Низинні болота бідного живлення і болота на джерелах з м'якою водою (Q22),
 - Перехідні болота і болота джерельного живлення з низькою мінералізацією (Q24),
 - Некарбонатні трясовини (Q25),
- Низинні болота багатого живлення і болота на карбонатних джерелах (Q4),
 - Лужні, карбонатні, висококарбонатні низинні осокові болота з джерельним живленням (Q41),
 - Мохово-осокові низинні болота (Q42),
 - Високотравні осокові низинні болота (Q43) ,
 - Карбонатні трясовини (Q44),
 - Арктично-альпійські низинні болота (Q45),
- Дно водойм з повітряно-водною рослинністю (Q5),
 - Дно водойм з високою повітряно-водною рослинністю (Q51),
 - Дно водойм з високою осоковою рослинністю (Q53),
- Заливні вологі і вологі трав'яні оселища (R3),
 - Вологі або мокрі мезотрофні до евтрофних сіножаті (R35),
 - Вологі або мокрі мезотрофні до евтрофних пасовища (R36),
 - Вологі або мокрі оліготрофні трав'яні оселища в умовах помірного або бореального клімату (R37),
- Арктичне, альпійське і субальпійське криволісся (S2),
 - Субальпійське і субарктичне листяне криволісся (S25),
 - Субальпійське жерепове криволісся (криволісся з сосни Муго) (S26),
- Вересові пустища у помірному кліматі (S4),
 - Вологі пустища (S41),
- Прирічкові чагарники і чагарникові низовинні болота (S9)
 - Верболози низовинних боліт (S92)
- Широколистяні (листопадні) ліси (T1),:
 - Широколистяні заболочені ліси на некислих торфовищах (T15),
 - Широколистяні болотяні ліси на кислих торфовищах (T16),
- Хвойні ліси (T3),
 - Соснові і модринові ліси (T3J),
 - Ялинові заболочені ліси (T3K).

Обротрофічні болота (які постачається тільки дощовою водою) представлені кількома істинними куполоподібними болотами в північній частині країни, кількома гірськими верховими болотами в південній частині, і, більш звичними, так званими континентальними верховими болотами, розкиданими по всій країні. Якщо вони заростають деревами, то перетворюються на соснові заболочені ліси або мезотрофні сосново-березові ліси. Природний рівень води зазвичай майже на рівні поверхні ґрунту (0-15см нижче рівня ґрунту). На деяких болотах він може змінюватися періодично протягом року, але все ж не опускаючись нижче 20-30 см. Вода спадає нижче тільки через штучне дренавання. Якщо такі болота осушують, вони перетворюються на вологі соснові або березові ліси.

Топогенні торфовища зазвичай утворюються шляхом заболочування через заростання і можуть формувати плавучі острівці навколо озер або займати котловани чи інші заглиблення з мілким горизонтальним рівнем ґрунтових вод. Вони включають екосистеми з різним трофічним і кислотним статусом, включаючи низинні збіднені болота, перехідні болота і трясовини (Kotowski et al 2017). Динаміка рівня води може бути різною. У плаваючих сфагнових острівцях рівень води нижче поверхні ґрунту є дуже стабільним. У більш щільних торфовищах рівень води може змінюватись відповідно до змін рівня ґрунтових вод. Якщо такі болота заростають, вони утворюють різні види заболочених лісів, від хвойних лісів, до лісів на кислих торфовищах, до вільхових заболочених лісів. Якщо топогенні болота осушують – вони перетворюються на різні види деградованих екосистем, включно з мезотрофними заболоченими лісами чи луками бідного живлення.

Болота в місцях виходу ґрунтових вод (солігенні) – торфовища це низинні болота, які утворилися на ділянках з більш-менш концентрованим просочуванням ґрунтових вод. Детальна екогідрологія і рослинність залежить від надходження води, а саме від вмісту кальцію, заліза, азоту, фосфору, а також від інтенсивності притоку води. У більшості випадків вони розвиваються як низинні болота багатого живлення, однак часом (особливо в гірській місцевості) як болота з бідним живленням. У випадку сильного просочування ґрунтових вод розвиваються «висячі болота» – куполоподібні болота на джерелах. Якщо вода просочується горизонтально через товщу торфу, утворюються так звані киплячі (перколатні) низинні болота, з досить стабільним близьким до поверхні ґрунту рівнем води (Kotowski et al. 2017). Через специфічні біохімічні процеси, а саме присутність розчиненого кальцію, може бути обмежена доступність біогенних речовин, що може супроводжуватись розвитком малопродуктивної, але різноманітної рослинності «лужних боліт» (низькоосокові угруповання з коричневим мохом), дуже важливим для біорізноманіття. В інших випадках на солітрофних болотах може розвинутиись більш евтрофна рослинність, така як аїр. Якщо таке болото заростає деревами, воно може розвинутиись у різні види заболочених лісів, від березового лісу на кислих ґрунтах до вільхових трясовин багатого живлення. Осушування може змінити таке болото незворотньо, тому зараз більшість солігенних боліт сильно змінені і найчастіше стали вологими луками на торфовому ґрунті.

Флювіогенні торфовища зазвичай розвиваються у системах, де відбувається велизначний притік вод – як евтрофні низинні болота, з рослинністю, яка складається з вільхи чи очерету (Kotowski et al 2017). Рівень води може змінюватись протягом року, інколи за періодами поверхневого підтоплення, але в природному стані водні умови залишаються дуже вологими цілий рік. Якщо такі болота заростають, там з'являються вербові зарості чи вільха. Багато боліт цього типу осушені і перетворені на луки, пасовища чи ліси, які тільки час від часу бувають вологими. Тому вигляд вологих лук є, мабуть, найбільш поширеним ландшафтом торфовища у сучасній Польщі. На жаль, осушені низинні болота, які використовують як луки, не можуть бути стійкими: якщо продовжується осушування, навіть протягом коротких періодів, в таких екосистемах неможливо уникнути розкладання торфу.



Верхові болота Кусово.



Острівець сфагнуму в болоті Дури (Dury).



Низинні болота в долині Роспуда (Rospuda).



Солігенні торфовища перетворені у вологі луки біля Боболице (Bobolice).



Заболочений вільховий ліс. Великопольський регіон.



Флювіогенне торфовище. Осушене і перетворене на вологу луку – найбільш звичний ландшафт торфовища в Польщі.

Історична територія торфовища більш-менш підтримується через обмеженні історичного використання торфовищ як орних земель. Однак активні болота, які досі накопичують торф, є рідкісними. А найважливішими болотами у доброму стані є великі низинні лузні болота в долині Бебжа, менше, але майже природне низинне болото в долині Роспуда, кілька верхових боліт в північній частині країни, а також в горах. Багато добре збереже-

них, але малих, боліт розсипано по всій країні, особливо на лісових територіях. Близько 60% торфовищ Польщі і близько 85% боліт, які залишилися, мають той чи інший охоронюваний статус. Однак такий захист не завжди ефективний (Pawlaczyk 2023).

З іншого боку, приблизно 86% торфовищ Польщі сильно осушені. Загальна довжина осушувальних каналів Польщі складає 450 000 км. Більшість осушених торфовищ (особливо низинних боліт) зараз використовуються для сільського господарства. Дуже сильний вплив на польські торфовища також має зміна русел річок, зменшення повеней, зниження рівня ґрунтових вод через осушення прилеглих територій, тощо. Через значне осушування і подальшу деградацію торфовища Польщі є великим джерелом викиду парникових газів: річні викиди складають 34 мільйони тон еквіваленту CO₂ (Kotowski 2021), тому Польща знаходиться на десятому місці найбільших забруднювачів парниковими газами із знищених торфовищ у світі.

В Польщі було вже здійснено кілька проєктів відновлення боліт через спроби повторного обводнення. Вони забезпечують значний досвід і нові технології. Однак масштаб відновлення торфовищ є недостатнім, зважаючи на потребу повторного обводнення більш ніж мільйона гектарів. Повторного обводнення потребують приблизно 1,2 мільйонів га, що призведе до скорочення викидів парникових газів на 21,7 тон еквіваленту CO₂ щорічно. Було запропоновано сміливий план із повторного обводнення і відновлення торфовищ (які включають повторне обводнення 300 000 га до 2030 року) (Jabłońska et al 2021), але його втілення ще не почалося. Основною перешкодою є поточне сільськогосподарське використання більшості осушених земель та інтереси фермерів, які протестують проти створення більш вологих умов. Навіть якщо торфовище з потенціалом для повторного обводнення закинуте, здійснення проєкту є проблематичним через велику кількість власників чи зацікавлених фермерів поблизу.

Через високу різноманітність болотних екосистем Польщі, особливо їх різноманітну і складну екогідрологію, і через складну історію антропогенних змін, кожне торфовище в Польщі потребує індивідуального екогідрологічного аналізу перед повторним обводненням. З цих же ж причин способи повторного обводнення дуже важко стандартизувати.

Торфовища в Ісландії

Торфовища різних типів і умов покривають приблизно 15-20% поверхні з рослинністю в Ісландії, з вищим відсотковим співвідношенням в долинах ніж на височинах (більше ~400 метрів над рівнем моря). Водно-болотні угіддя внутрішніх територій звичайно мають найбільше боліт і в основному складаються з низинних боліт, які ісландською називаються тугар. У долинах і фйордах зустрічаються висячі болота, а на плоских долинах в західних і південних частинах острова – топогенні болота. Намивні болота розташовані вздовж деяких великих річок, а на деяких територіях вічної мерзлоти досі існують міграційні горбові торфовища – пальзи (palsas), хоча вони швидко зникають. Рідкісними є омбротрофні торфовища, більшість торфовищ є мінеротрофними або частково омбротрофними (Arnalds, O. et al 2016). Інститут природничої історії Ісландії запропонував систему класифікації оселищ, яка базується на європейській системі класифікації EUNIS. Багато видів оселищ на торфовищах згідно з Бернською конвенцією мають охоронюваний статус (Ottósson et al 2018). Далі перераховані види оселищ на торфовищах Ісландії (в дужках подано номер типу оселища відповідно до класифікації EUNIS (EEA 2021), якщо він існує):

- Формації *Philonotis-Saxifraga stellaris* на джерелах (Q24112),
- Ісландські осокові фени (Q454),
- Багна і фени з формаціями пухівки (Q45B1),
- Ситникові луки,

- Бореальні черноосокові з чотиризубцем Брауна фени у низовинного та високогірного типів (Q4222),
- Болота аапа (евтрофні вологі торфовища),
- Болота на міграційних пагорбах пучення, або пальзах (Q3112),
- Ісландські черноосокові – з чотиризубцем Брауна фени, два підтипи (Q4223),
- Ісландські альпійські фени з осоками *Carex rariflora*,
- Звичайні фени з формаціями пухівки (Q224),
- ВСплавинні болота на лужних водах з формаціями осоки здutoї (Q2532),
- Ісландські фени з формаціями осок *Carex lyngbyei* (Q531B).



Велике болото аапа в Мývatnsheiði північний схід Ісландії.

На торфовища Ісландії дуже впливає вулканічна природа острова, а також морський клімат, гірські ландшафти, ізоляція й історичне використання земель. Після осідання сухі території піддалися значній ерозії, до цього додалась вулканічна активність – в результаті цього утворилися значні мінеральні відкладення, які зробили ґрунт відносно родючим з підвищеним рН і об'ємною густиною. У відповідності з типами оселищ EUNIS на водно-болотних угіддях Ісландії домінує рослинність судинного типу: осока *Carex* spp., хвощ *Equisetum* spp., пухівка *Eriophorum* spp., але також є чагарники: водянка *Empetrum*, верба *Salix* і брусниця *Vaccinium*. Практично відсутні торфовища із домінуючим сфагновим мохом через евтрофну природу торфовищ Ісландії, але звичними є інші види мохів. Водно-болотні угіддя Ісландії є відносно бідними на види як і інші екосистеми Ісландії,

через ізоляцію острова, не зважаючи на це, вони є домом для деяких червонокнижних видів і охоронюваних видів.

Жодний вид птахів не є ендемічних для Ісландії, але декілька підвидів можна знайти тільки тут. Водно-болотно угіддя є надзвичайно важливими оселищами для багатьох популяцій птахів, як для розмноження, так і для міграції. Більше половини птахів, які тут розмножуються, це кулики, качки та інші водоплавні птахи, що робить склад орнітофауни Ісландії іншим, ніж її склад у країнах, які знаходяться на нижчих широтах. Ісландські водно-болотні угіддя дуже важливі для куликів північної гемісфери таких як сивка звичайна (*Pluvialis apricaria*), побережник чорногрудий (*Calidris alpina*), баранець (*Gallinago gallinago*), кульон середній (*Numenius phaeopus*), грицик великий (*Limosa limosa*), коловодник звичайний (*Tringa tetanus*), щеврик лучний (*Anthus pratensis*), лебідь (*Cygnus cygnus*), а також для гусей, включно з сірою гускою (*Anser anser*) і гуменником коротко-дзьобим (*Anser brachyrhynchus*). Через унікальне розташування Ісландії на земній кулі, тут можна зустріти кілька водоплавних птахів північно-американського походження, для яких Ісландія є найбільш східною частиною їх ареалу. Це гагара полярна (*Gavia immer*), гоголь ісландський (*Bucephala islandica*) і каменярка (*Histrionicus histrionicus*). Вважається що пастушок водяний (*Rallus aquaticus*) перестав розмножуватись в Ісландії приблизно у 1970 році через значне осушення водно-болотних угідь і одночасну інвазію візона річкового (*Mustela vison*).

Приблизно половина торфовищ Ісландії пошкоджена осушуванням. В основному канали розташовані в низинних ділянках, а їх загальна довжина сягає 30 000 км. Значне осушування торфовищ почалося у середині XX століття і досягло піку у 1963 році. Його пояснювали модернізацією сільського господарства, наприклад впровадженням тяжкої машинерії, і значного субсидування викопування каналів урядом. Основним мотивом було створення сіножатей і орних земель, але з часом додалось покращення умов для випасання і заміна загорож. Через зміни методів ведення сільського господарства і зростання міського населення в останні десятиліття велику частину осушених територій покинули або не використовували у спосіб, який потребував подальшого осушування. Тому є велика кількість об'єктів, придатних для повторного обводнення, і через те, що осушування проводилось протягом досить короткого часу, часто немає потреби прикладати надзвичайні зусилля. Однак досвід повторного обводнення в Ісландії є обмеженим, як відносно часових рамок, так і відносно розміру території. Першу спробу було здійснено у 1993 році з метою відновлення оселищ птахів, і з того часу було здійснено кілька малих проєктів. Загальний підхід можна визначити радше як повторне «здичавіння», ніж повторне обводнення, з відсутністю належного моніторингу і управління. Оскільки проводилось дуже мало досліджень, у порівнянні з континентальною Європою, наукові знання про торфовища Ісландії – недостатні. З 2016 проєктами відновлення торфовищ займається Служба збереження ґрунтів.



Типові покинуті сільськогосподарські поля із занедбаними каналами.

1.3. Обґрунтування повторного обводнення

Осушування торфовищ завжди супроводжується погіршенням біорізноманіття торфовища, а також екосистемних послуг. Зникають види флори і фауни. Рослинність змінюється на простіші угруповання. Шар торфу зменшується і розкладається. Збільшується кількість поживних речовин і органічних сполук у воді, яка витікає з торфовища, впливаючи на ріки і озера. Багато з цих змін є незворотними. Але повторне обводнення є, у деяких випадках, нагодою принаймні частково нейтралізувати ці негативні процеси. Інколи таким чином можна створити початкові умови для відновлення торфовища.



Для надання екосистемних послуг торфовище має бути вологим. Якщо, через антропогенний вплив воно не є вологим, повторне обводнення є єдиною можливістю хоча б часткового відновлення таких послуг.

Специфічна флора і фауна боліт пристосовується до вологих умов і залежить від них. Відновлення ролі торфовищ як осередків біорізноманіття і прихистку для загрожуваних видів передбачає попереднє повторне обводнення, тобто відновлення болотних водних умов. У масштабі ландшафту здорові, вологі торфовища є ключовими для загальної циркуляції води, а також для загального «багатства біорізноманіття». У Польщі без вологих торфовищ не буде кумкання жаб в нашому світі, клацання журавлів, квітучих чорнобривців (можливо буде менше комарів, але це призведе до зменшення чисельності птахів). В Ісландії без вологих торфовищ зменшиться різноманіття видів флори і фауни, які приваблюють туристів. Наприклад, в Ісландії розмножується велика кількість водоплавних птахів, чий звичні оселища були знищені в Європі та по світу. 48% видів водоплавних птахів зникають і тільки 16% видів збільшують чисельність, підвищуючи важливість оселищ для розмноження в Ісландії. В Ісландії є велика кількість низинних наземних оселищ з родючим вулканічним ґрунтом, які частково підтримуються випасанням овець. Ці відкриті субарктичні оселища рідкісні в глобальному масштабі і потребують захисту (Tómas G. Gunnarsson, 2020). Подальше відновлення знищених торфовищ зміцнюватиме статус популяцій зникаючих птахів.

Також повторне обводнення осушених торфовищ необхідне для боротьби із кліматичними змінами. Природне болото є поглиначем CO_2 і навіть, незважаючи на викиди CH_4 , у кінцевому підсумку поглинає більше парникових газів, ніж виділяє. Осушене болото через розкладання торфу є джерелом CO_2 . Загальний викид парникових газів із осушеного торфовища складає 20-30 тон еквіваленту CO_2 з гектару на рік, і залежить від ступеню осушення. Єдиним способом зупинити розкладання торфу і викиди парникових газів є постійне утримання торфу під водою. Цього можна досягнути тільки повторним обводненням торфовищ. В масштабі всього світу, збереження торфовищ вологими, і обводнення осушених є важливою частиною, яку неможливо пропустити, на шляху боротьби із змінами клімату (Joosten et al. 2016). Якщо ми серйозно розглядаємо боротьбу із змінами клімату, і якщо ми дійсно хочемо досягнути паризьких цілей (утримання підвищення температури $< 2^\circ\text{C}$), потрібно повторно обводнити всі осушені торфовища по всьому світу до 2050, що означає: повторно обводнювати 2 мільйони га по всьому світі щороку.

Повторне обводнення торфовищ ефективно зупиняє викиди CO_2 , але торфовище починає виділяти метан. Регулювання торфовища означає баланс між викидами вуглекислого газу з осушеного торфовища і викидами метану з повторно обводненого торфовища. Загалом зменшення викидів CO_2 переважає. Через різні поведінку CO_2 і

CH₄ в атмосфері потрібно якнайшвидше обводнити торфовища, тобто з точки зору захисту клімату, торфовища потрібно обводнювати вже зараз, не відкладаючи на потім (Günther et al. 2020).

Варто пам'ятати, що торфовища, в основному, осушувалися для сільськогосподарського використання, але осушені торфовища не можна постійно використовувати для ведення сільського господарства. Розкладання торфу веде до погіршення властивостей ґрунту, зокрема, можливість утримання води. Запідання торфовища призводить до підтоплення земь, а це в свою чергу мотивує фермерів ще і ще поглиблювати канали.

В більшості випадків екологічні переваги з повторного обводнення болота є синергетичними – скорочення викидів парникових газів супроводжується зростанням природної цінності, біорізноманіття та інших екосистемних послуг (таких, як утримання води). Звичайно ці переваги не перебувають в гармонії з економічним використанням (зазвичай, після повторного обводнення неможливо продовжити попередню економічну діяльність, хоча деякі форми палудікультур можуть забезпечити економічну вигоду). Однак екологічні переваги переважають економічні втрати (Jabłońska et al. 2021, Stachowicz et al. 2022). Близько 50-60% задекларованих викидів парникових газів Ісландії походять із використання земель (~7-8.000 кт CO₂), і велика частина цих викидів відбувається через осушення органічних ґрунтів (Umhverfisstofnun, 2022). Однак дані викидів парникових газів з торфовищ у різному стані досі збирають, тому в майбутньому можливо будуть отримані більш точні дані. Також проводяться дослідження, якою мірою насипні відкладення впливають на розкладання і довгострокове відкладення вуглецю. Möckel et al. (2021) дослідила, що процеси розкладу є повільнішими в непорушених ґрунтах з сильнішими вулканічними мінеральними характеристиками. Це призводить до позитивного впливу на відкладення вуглецю у непорушених торфовищах, але може спричинити збільшені викиди із осушених. Тому важливо розробити спеціальні показники балансу парникових газів торфовищ Ісландії.

Виятком можуть бути напівприродні екосистеми торфових ґрунтів, таких як вологі луки і пасовища на торфах. Вони звичні в Польщі і зазвичай є місцем проживання різних складових біорізноманіття, а саме деяких видів птахів, які знаходяться під загрозою зникнення. Для оптимізації біорізноманіття такі екосистеми повинні бути вологими, але, принаймні в певні періоди, – сухими для уможливлення викошування чи випасання худоби. В таких випадках, з погляду біорізноманіття і фермерства, пропонують часткове повторне обводнення, а саме деяке підвищення рівня води, але тільки в певні періоди протягом року і не до рівня типового для природного болота. Такий підхід вважається суперечливим щодо попередження викидів парникових газів, оскільки для цього потрібне повне обводнення. Однак навіть в таких випадках хоча б часткове підвищення рівня води є доцільним і прийнятним для всіх зацікавлених осіб, включно із власниками землі-фермерами.

Європейський Союз прийняв Регламент про відновлення природи у 2024², згідно з яким повторне обводнення хоча б частини осушених торфовищ є обов'язком кожної держави-учасниці. Відповідно до Ст. 11(4) Регламенту, держава-учасниця впровадить заходи на відновлення органічних ґрунтів, які знаходяться в сільськогосподарському користуванні і складаються з осушених торфовищ. Одним із таких заходів має бути повторне обводнення, проведене до 2030 року як мінімум на 7,5 % національної території на осушених торфовищах у сільськогосподарському використанні; на 13,3% території до 2040 року, і на 16,7% території до 2050 року. Повторне обводнення територій, які раніше використовувались для видобутку торфу, може зараховуватись у досягнення цих цілей, а також обводнення осушених торфовищ, які не використовувались в сільському господарстві, але тільки до 40% цілей. Відновлювальні заходи можуть включати повторне обводнення

² Регламент (EU) 2024/1991 Європейського Парламенту і Ради від 24 червня 2024 про відновлення природи

торфовищ, встановлення рівня води, якого потрібно досягнути, і мають сприяти зменшенню кількості викидів парникових газів і збільшенню біорізноманіття, враховуючи національні і місцеві обставини. Якщо повторне обводнення негативно впливає на інфраструктуру, будівлі, кліматичні заходи чи інші державні інтереси, і якщо повторне обводнення не може відбуватися на землі, яка не перебуває у сільськогосподарському користуванні, держава може скоротити об'єм повторного обводнення. Зобов'язання держави-учасниці досягнути цілей повторного обводнення не передбачає зобов'язань для фермерів і приватних власників обводнювати свої землі, для них повторне обводнення сільськогосподарських земель є добровільним. Тому держави-учасниці повинні заохочувати повторне обводнення і робити обводнення привабливим варіантом для фермерів і приватних власників землі.

2. Початкове дослідження торфовищ

2.1. Які природні ознаки потрібно вивчити до початку планування відновлення торфовища?

Досвід Польщі

Основне правило повторного обводнення є досить простим: заблокувати будь-який штучний відтік води з осушеного торфовища. Однак в багатьох випадках, особливо на сильно знищених торфовищах, навіть блокування всіх наявних джерел відтоку недостатньо для повторного обводнення всього торфовища. Майже завжди результати повторного обводнення набагато кращі, якщо до уваги взято більше деталей екогідрології торфовища. Для визначення реалістичності і потенційних переваг повторного обводнення в кожному окремому випадку потрібне добре розуміння екосистеми торфовища, як воно початково функціонує в ландшафті, його історії і занепаду. Це особливо важливо, якщо метою є не тільки повторне обводнення, а також як мінімум часткове відновлення екосистеми, екосистемних послуг чи пов'язаного біорізноманіття.

Через велике розмаїття екогідрології польських торфовищ, а також через їх сильну зміну, відновлення і повторне обводнення вимагає великих попередніх зусиль для розуміння першопочаткової екології болота, історії і змін. Особливо треба розібратися із загальним розподілом водних потоків в ландшафті. Зазвичай важливими змінними у більшості випадків є такі:

Особливості ландшафту: попередня інформація про те, як болото було частиною ландшафту, і як воно розміщується відносно геоморфологічних структур та інших боліт є необхідною для ширшого контексту його функціонування і водопостачання. Чи воно розташовується на боковому відгалуженні долини? В крилі долини? Чи посередині? На схилі? На водозбірному басейні? Біля водотоку чи озера? Чи вони супроводжуються виходами мінералів, які потенційно можуть бути «гідрологічними вікнами»? Чи було це торфовище частиною більшого торфового комплексу, наприклад, у долині? Чи було воно частиною більшої мережі торфовищ різних типів в межах сухопутного каналу чи на вигині? Як територія і поверхня торфовища змінилися в результаті осушення? Якими були першопочаткова територія і поверхня торфовища, і якими вони є зараз? Як відбуваються дренажні процеси: яким чином поглиблюються канали, шляхом ерозії чи проводяться днопоглиблювальні роботи у порівнянні з початковим станом?

До прикладу: низинні болота на джерелах більш вразливі до спонтанної чи антропогенно спричиненої ерозії, тому їх ефективне відновлення після осушення є складнішим, якщо взагалі можливим. Озеро чи ріка – бокові болота часто підтримують вищий рівень ґрунтових вод, і підтримуються сталим рівнем поверхневих вод в межах дна долини, що дозволяє мінімізувати процеси ерозії і стале накопичення торфу в межах постійно зволоженого шару торфу.

Зазвичай варто перевірити загальну доступність води в ландшафті: чи є активним першопочаткове джерело води ландшафту? Яким є теперішній гідрологічний баланс (опади і сумарне випаровування), особливо враховуючи зміну клімату? Чи надалі в ландшафті присутня достатня кількість води для повторного обводнення конкретного торфовища? Який об'єм води доступний? Чи є ризик довгих посушливих періодів? Можливо отримати історичні дані щодо клімату з літератури, але через кліматичні зміни краще враховувати сучасні дані. В Польщі метеорологічні дані, які реєструються метеорологічними станціями, доступні безкоштовно (<https://danepubliczne.imgw.pl/>),

хоча і надаються в форматі, не пристосованому для пересічної людини. Для їх користування потрібно докласти зусиль і завантажити необхідне програмне забезпечення, щоб завантажити ці дані.

Топографічні дані поверхні, дренажні канали: топографія поверхні болота (рівна поверхня чи зі схилами, можлива присутність куполоподібних структур, виступаючих скель) є важливою умовою для подальшого дослідження походження, постачання води і подальшого функціонування низинного болота. Ідентифікація положення каналів є базовим джерелом інформації для планування заходів відновлення. Положення каналів можна визначити на місці і за допомогою геодезичних вимірювань поверхневих ординат. Зараз доступний новий спосіб: цифрова модель території, яка ґрунтується на лазерному скануванні (LIDAR). Ці дані загальнодоступні для безкоштовного завантаження в Польщі (www.geoportal.gov.pl) і можуть використовуватись за допомогою безкоштовного програмного забезпечення (наприклад QGIS). Ми можемо потім представити «гіпсометрична мапу» поверхні болота, яка зазвичай показує всі канали і струмки, а також різницю у висоті ділянки навіть у кілька сантиметрів. Зараз існує багато інших алгоритмів для візуалізації ділянки, корисних для розуміння топографії, розміщення каналів, оцінки потенційних напрямків стоку поверхневих вод (наприклад Hillshade, Slope, Visualization for Archaeological Topography – VAT).

Геологічна структура торфовища: потужність і стратиграфія шарів торфу показує історію формування і розвитку торфовища. Дослідження проводиться шляхом буріння спеціальним буром, який виймає торф секціями. На основі залишків рослин в торфі спеціаліст здатний відновити ботанічний склад торфу з різної глибини, інтерпретуючи інформацію на основі історії змін рослинності болота. Припускаючи, що екологічні умови окремих угруповань рослин залишаються незмінними, можливо інтерпретувати ланцюжок змін умов в конкретному болоті. Рідше використовують метод абсолютного датування вибраних зразків торфу шляхом відсилання на вуглецевий аналіз. Найчастіше роблять кілька свердловин з поперечними розрізами для утворення перехресть, які показують структури болота. Спеціалісти мають змогу проаналізувати багато показників – колишні екологічні умови, особливо вологість, залишки молюсків Testacea та історію змін рослинності на ділянці, яку можна проаналізувати через залишки пилку.

Такі дослідження можуть показати яким є походження торфовища – палудікультурне походження (шари торфу відкладаються на піску), чи озерне походження (торф відкладається на органічному мулі), чи є торфовище молодим (тонкий шар торфу на мулі), чи старим (товстий шар торфу); чи в минулому відбувалося накопичення товстішого шару торфу. Порівняння рослинності з минулого з сучасною надасть можливість зробити висновки про природність процесів, які відбуваються в болоті (зміни можуть відбуватися як частина природного процесу, але велика відмінність між сучасною рослинністю і задокументованою зазвичай є результатом антропологічного впливу). Профіль продемонструє, чи росли на болоті дерева і кущі в далекому минулому і чи сучасне заростання деревами і кущами є природним станом, епізодом повторюваних явищ чи новою антропологічною ситуацією.

Оцінка умов торфу (ступінь розкладу) є дуже важливою для планування повторного обводнення. Чим меншим є ступінь розкладу торфу, тим більшим є потенціал для капілярної інфільтрації води, тим кращих і більш передбачуваних результатів можна досягнути повторним обводненням. Обов'язково треба перевіряти стан верхнього шару торфу. Якщо торф все ще добре збережений, можна досягнути кращих результатів, ближчих до повного відновлення торфовища. Якщо верхній шар торфу розклався (зазвичай процес є незворотнім), після повторного обводнення (якщо це взагалі можливо) можна очікувати розвиток евтрофної рослинності, а не відновлення початкової рослинності торфовища.

Потрібно перевірити не тільки поверхню, а й глибші шари торфу. Оцінку можна здійснити протягом проведення польових робіт (використовуючи зразки здобуті бурінням), або – для здобування детальнішої інформації – в лабораторії.



Буріння торфу є стандартним методом і обов'язковим етапом дослідження історії і торфовища, і сучасних умов торфу.

Сучасна історія болота: історія змін фізіогноміки болота (а саме його заростання деревами і кущами, способи використання, можливе дренавання) дуже важливим елементом інформації, необхідним для його відновлення. Місцеві жителі і користувачі болота можуть бути джерелом цінної інформації. Старі топографічні мапи теж є хорошим джерелом інформації, вони доступні за період з кінця XIX століття (перелік і навіть самі мапи можна легко знайти в інтернеті), хоча їх інтерпретація потребує знань нюансів історії картографії. Історичні ортофотографічні мапи і фото з повітря є дуже корисними. Популярна програма Google Earth має часовий слайдер, який дозволяє переглянути старі ортофотографії, але для різних місць доступний часовий проміжок відрізняється. Історичні ортофотографічні мапи за кілька останніх років доступні на Geoportal (www.geoportal.gov.pl), хоча отримання матеріалу за певну дату потребує високого технічного рівня знань. Більша колекція архівних повітряних знімків зазвичай з 1950 року доступна для платного використання за невисоку ціну Головною службою геодезії і картографії (<http://www.gugik.gov.pl>). Інколи можна знайти навіть старіші знімки з повітря, а також архівні фотографії, зроблені з землі.

Ці матеріали показують, яким чином і як швидко змінювалась болотна рослинність, чи як мінімум її вигляд, за кілька останніх десятиліть – наприклад, коли, і як швидко болото заростало деревами і кущами (швидкий ріст за останній час вказує на необхідність активного розчищення болота від дерев і кущів, тоді як стабільність деревного покриття може означати, що немає потреби у розчистці). Недавнє використання, наприклад викошування, завжди буде помітним (зазвичай означає, що треба відновити викошування). Інколи можна визначити, коли були викопані дренажні канали (якщо канали викопали порівняно недавно, то перспективи для болота кращі).

Екогідрологічні умови: початковим моментом має бути точне дослідження торфовища і водних умов – напрям водотоків, де вони з'являються, куди зникають і яка швидкість течії. Інколи навіть візуально можна визначити конкретні фізико-хімічні властивості (відкладення кальцію і заліза). Однак для цього недостатньо провести ці дослідження тільки один раз. Спостереження повинні повторюватись в різні пори року, наприклад в дощовий і сухий період. Прекрасною початковою точкою є «мапи поверхневих вод». Вони можуть бути звичайними мапами, які відображають дані польових досліджень, які можуть бути дуже базовими за діапазоном (які частини болота затоплені, болотисті чи

вологі, де є вода в каналах, і в якому напрямку вона тече), але є періодичними і детальними. Дослідження може проводитись традиційним способом обходом торфовища, але використання технологій, таких як БПЛА (дронів) є зазвичай дуже корисним.

В такий спосіб часто можна побачити надходження ґрунтових вод (видимі джерела води, які постійно просочуються зі схилів торфу, сильний, раптовий потік, а також стабільність цих процесів протягом року і за різних погодних умов), а також можна визначити, які саме канали становлять найбільшу загрозу болоту.

Важливою частиною початкового дослідження є створення переліку існуючих гребель і шлюзів. Для створення такого переліку використовують топографічні мапи і візуалізації ділянки, однак, зазвичай, потрібно провести і польові дослідження для оцінки поточних умов. Хоча в Польщі існує офіційний каталог каналів і гребель, його дані не завжди надійні і сучасні, тому завжди варто перевіряти ці дані на місцевості.

Метеорологічні дані температури і опадів, так як і гідрологічних даних про рівень води річок, є корисними для інтерпретації результатів гідрологічних польових досліджень. Для отримання метеоданих можна встановити власну метеорологічну станцію³ і прилад для реєстрування рівня води, або використовувати дані з найближчої державної метеостанції, доступні в Польщі на сайті https://dane.imgw.pl/data/dane_pomiarowo_obserwacyjne/.

Моніторинг рівня води в торфі може і повинен бути джерелом додаткової інформації для діагнозу. Рівень води можна спостерігати в спеціальних колодязях, створених для цієї мети – зазвичай у формі ПВХ труби зануреної в торф, закритої знизу і з отворами на відповідній глибині. Можливе і ручне вимірювання, але зараз частіше використовують сенсори/записувальні пристрої прикріплені в трубі, так звані дайвери, які автоматично записують зміни тиску водяної колони⁴ протягом певного періоду (наприклад протягом року), і достатньо переглядати ці дані раз на рік. Зазвичай, дані збираються із кількох (до десяти) труб на одному болоті і спостереження проводяться протягом, щонайменше, одного гідрологічного року (з початку листопада до кінця жовтня). Інколи роблять два колодязя в одному місці, з фільтрувальними отворами на різній глибині: рівень води у них, зазвичай не буде однаковим, що може дати інформацію про можливе підземне надходження; інколи в таких колодязях можна виявити артезіанські і субартезіанські водоносні горизонти. Щоденні дані дуже цінні, бо вони демонструють стабільність вологості – дуже важливий показник для оцінки «стану здоров'я» болота. Довгострокові вимірювання можуть надати цікаву інформацію про реакцію вологості на зміни в опадах і температурі.

Вимірювання фізико-хімічних властивостей води надає цінну інформацію. Основними параметрами, які можна швидко виміряти в польових умовах, є температура, рівень рН і електропровідність (показник кількості іонів). Низька температура води, стабільна протягом року, може вказувати на її підземне походження. Кислотна реакція може вказувати на процеси окислення, легка кислотна реакція вказує на дощову воду, і лужна реакція може вказувати на воду, багату кальцієм. Провідність у кілька десятків мкСм/см типова для м'якої дощової води, в той час як рівень 400–500 мкСм/см передбачає сильну мінералізацію. Важливим є співвідношення цих параметрів у різних місцях болота: у воді, яка витікає з болота, у воді каналів, поверхневих водах, у калюжах і зонах підтоплення, у колодязях для спостереження на різних глибинах; правильна інтерпретація таких співвідношень допомагає краще зрозуміти водопостачання болота.

³ Записувальна станція на батарейках з сенсорами для опадів і температури, яку можна встановити будь-де на ділянці (після оцінки ризиків вандалізму чи крадіжки) які потребують збору даних і заміни батареї приблизно два рази на рік.

⁴ Зазвичай записується сума тиску водної колони і тиску повітря, тому щоб правильно інтерпретувати потрібно отримати дані з так званого баро-дайвера, сенсора повітряного тиску розташованого за кілька десятків кілометрів від болота.

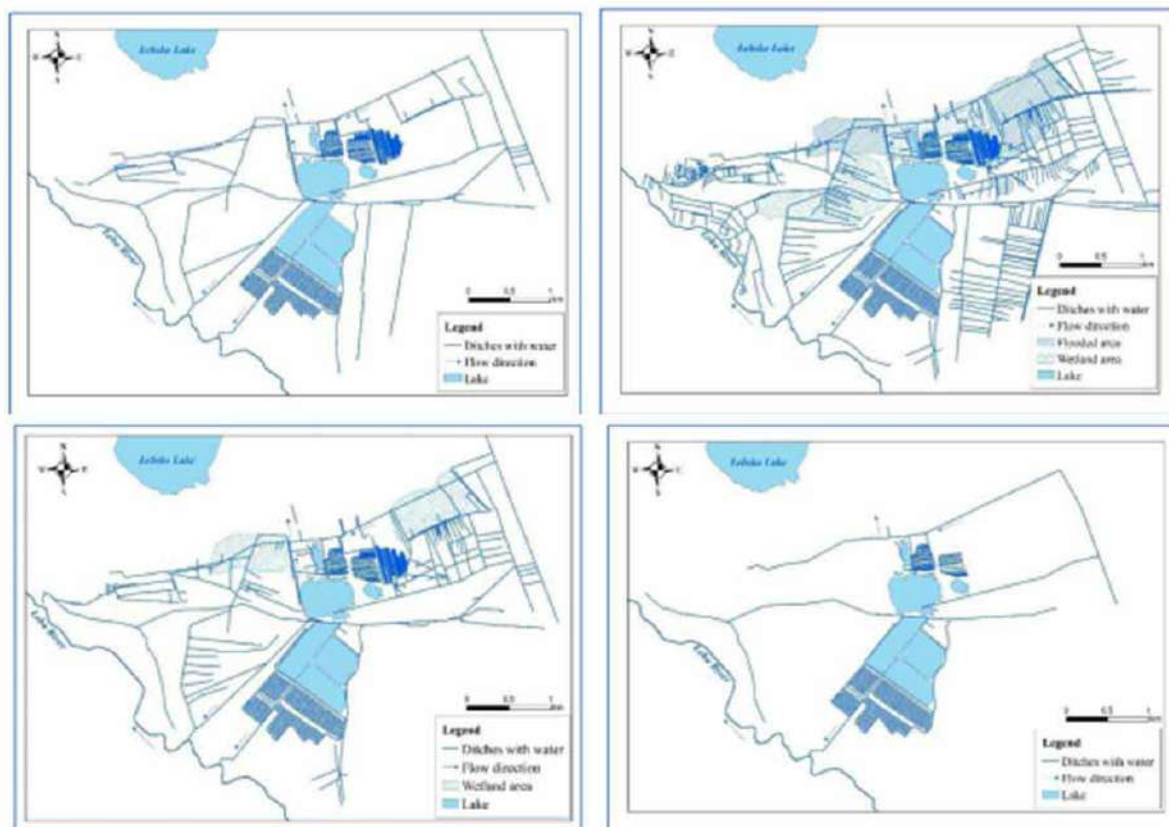
Важливо пам'ятати, що стояча вода на поверхні болота може походити з дощової води і може не підходити для визначення екологічних характеристик болота; тому спостереження в колодязях більш корисні.

Більш докладний аналіз води може надати більше інформації, але він зазвичай вимагає відбору зразків і проведення лабораторних аналізів. В лужних низинних болотах важливим показником є вміст іонів кальцію і магнію, а також вміст потенційних поживних речовин: азоту, фосфору і калію, а також вміст заліза і алюмінію. Інколи ці параметри є необхідними для вибору належного методу захисту (див. вище).

Присутність великої кількості фосфору в розкладеному торфі чи заліза у воді (часом видимого як залізний осад) є поганими показниками. Вони означають високий ризик евтрофікації рослинності після повторного обводнення.

Екогідрологічне визначення може бути розширене різними способами, кожен з яких може надати цінну інформацію для розроблення плану захисту настільки точно, наскільки це можливо. В ідеалі визначення повинне виходити за межі самого болота і включати ландшафтний контекст, який вимагає замірів підземних вод не тільки в самому болоті, але й на навколишній території. Заміри температури підземних вод на різній глибині навколо болота може надати багато інформації про інтенсивність постачання підземних вод (Grootjans et al. 2006). Подібну інформацію можна здобути дослідженням іонів сульфату кальцію в ґрунтових водах (Wołejko & Grootjans 2004). Потенціал відкладень туфу можна перевірити, встановивши предметні скельця у воду на місяць і після того проаналізувавши відкладення (Grootjans et al. 2015).

Дуже важливою інформацією для визначення постачання низинного болота ґрунтовими водами, є так звана територія живлення, а саме територія з якої живиться водоносний горизонт ґрунтових вод, який в свою чергу живить водою це болото. Ця інформація є



Гідрологічні мапи – основний інструмент для розуміння водних умов. Цеслінські (Ciesliński) et al. 2022.

дуже важливою для захисту болота, тому що вона визначає території, на якій порушення водотоку ґрунтових вод чи їх відведення може мати значний вплив на нього. Але зараз не існує реалістичних методів для точного визначення такої території і можна тільки робити припущення на основі точного геологічного дослідження ділянки (включно з по- слідовністю водопроникних і водонепроникних пластів) і її топографії.

Флора: вона є часто найбільшою природною цінністю боліт, таким чином її визначення дуже потрібне. Воно вимагає досить детального вивчення низинних боліт відповідними експертами. Таке дослідження варто проводити щонайменше кілька разів на рік, а також повторювати їх у різні роки. Деякі судинні види рослин – такі як *Saxifraga hirculus* на лужних низинних болотах чи *Trichophorum caespitosum* на атлантичних верхових боло- тах – дуже важко помітні у період, коли вони не цвітуть. Багато орхідних видів, включа- ючи *Liparis loeselii*, з'являються в різній кількості в різні роки. Найбільш показовим видом рослин є мохові, а не судинні рослини. Тому важливо, щоб дослідження проводилися до- свідченим в цій сфері експертом. Пошук мохів вимагає зосередження і часу, нахилання і пошуку у трав'янистій рослинності, і щоб помітити їх потрібен досвід.

Інколи флора окремих ділянок залишається на диво стабільною, у деяких випадках осо- бливості флори зберігаються такими ж, як про них повідомляли ще у XIX столітті. Однак, є випадки коли раптово зникають або з'являються певні види. Перш за все, практика показує, що навіть на добре вивчених ботаніками ділянках можливо знайти раніше не помічені флористичні особливості.

Рослинність: опис болота через рослини, які там ростуть, і їх розташування є базовим способом наукового подання і організації інформації. Важливо відобразити рослинну різноманітність у більш сучасний спосіб, на противагу архаїчній класифікації. Складання мапи рослинності вимагає детальної картографічної роботи на місці експертом з відпо- відною кваліфікацією: тільки в такий спосіб можна визначити, описати і задокументу- вати рослинні угруповання. Щоб визначити межу їхнього поширення можна використа- ти існуючі сучасні ортофотографічні мапи, отримані з державних джерел або зроблені самостійно за допомогою фотографії з бпла. Однак треба пам'ятати, що різноманіття рослинності в фітосоціологічних показниках може маскуватися присутністю комишів чи осоки – нанесення на мапу рослинності вимагає врахування повного складу флори, а не тільки домінуючих видів.

Рослинність болота може бути сталою, але існують приклади значних змін навіть про- тягом 3-5 років, наприклад стрімке територіальне поширення комишів, в результаті чого зникають існуючі угруповання.

Мапу рослинності можна трансформувати в GEST unit map, які можна використати для вимірювання парникових газів на більших торфовищах.

Фауна: із хребетних, болота можуть мати велике значення для деяких птахів (напри- клад *Grus grus*, *Scolopacidae*), чи амфібій. При цьому, хребетні можуть складати велику цінність на окремих ділянках. Особливості фауни варто шукати серед груп жуків, а саме *Staphylinidae*. Оскільки фауна безхребетних польських боліт погано досліджена, часом достатньо залучення відповідного експерта до добре збереженого болота для виявлен- ня нових ареалів рідкісних і цінних видів.

Дуже цінні безхребетні можуть також бути пов'язаними з виходами підземних вод, які часто супроводжуються і трапляються біля лужних низинних боліт. Особливу увагу варто приділити *Trichoptera*, *Hydracarina* і *Coleoptera*.

Є можливість знайти цінні, рідкісні і захищені види метеликів. Фени як оселища можуть бути місцем проживання *Coenonympha oedippus*, *Lycaena dispar*, *Lycaena helle*, *Euphydryas aurinia*, *Phengaris nausithous*, і *Phengaris teleius*. Дуже рідкісний *Coenonympha oedippus* (в Польщі відомі тільки три оселища – всі три лужні низинні болота) знаходять у зарос-

тах осок. Інші види мають більше поширення, включно з вологими луками, і більше залежать від рослин, на яких вони живуть, ніж від типу фенів. *Lysaena dispar*, яку знаходять на щавелі, є досить поширеним в Польщі і шанси знайти його на звичайному лужному болоті – дуже високі.

Особливості можна знайти в поширенні Odonata, якого часто можна знайти в ровах і малих водотоках біля низинних боліт. Досить часто можна знайти *Leucorrhinia pectoralis*.

Досить часто на фенах можна знайти рідкісні і зникаючі види, наприклад молюска закрутку трав'яну, включно з тими, які перераховані в Додатку II до Оселищної Директиви (Директива 1992) – *Vertigo angustior* і *Vertigo moulinsiana* (Ксьонжкевіч Książkiewicz 2010).

Елементи культури: деякі болота чи території навколо є місцями технологічної спадщини, – наприклад старі водозабірні споруди. Деякі джерела води були викачані за допомогою гідравлічних насосів. Деякі малі дамби на каналах можуть мати статус технологічної спадщини. Залишки старих дерев'яних доріг і опор мостів можуть зберігатись у торфовищах. Хоча певні залишки розробки торфовища (ями, насипи, дороги, технічні залізничні колії) є руйнівними для торфовища, вони все ж можуть вважатись частиною культурної спадщини (інколи залишки розробки торфовища є туристичними місцями). Деякі фени, виходи вод і джерела можуть мати нематеріальну культурну цінність у формі традиційних назв полів (в північній і західній Польщі можна знайти і старі німецькі назви), місцевої історії та фольклору.

Під час попередньої оцінки торфовища для його можливого повторного обводнення її варто розглядати як попередню, якщо початкове дослідження буде використовуватись як основа для подальшого моніторингу. Такий підхід є реалістичним і ефективним, але зазвичай потребує спеціальної методологічної підготовки (методології консервування чи подальшого моніторингу, остаточного рішення чи дуже детального розміщення записів).

Досвід Ісландії

Більшість занедбаних торфовищ в Ісландії не осушувались дуже довгий час і в багатьох місцях не відбувалося подальшого розорювання чи обробки. Тому збереглися деякі властивості і флора цих торфовищ. Однак існують сильно зруйновані торфовища, де осушування відбувалося давно, де немає рослин, характерних для торфовищ, натомість розрослись кущі та інвазивні рослини, такі як буги́ла лісова (*Anthriscus sylvestris*). Звичними також є сильно осушені сільськогосподарські землі на багатих органікою ґрунтах, але майже не існує прикладів відновлення таких територій. Якщо знаходять шар торфу, робиться припущення, що ця територія раніше була торфовищем і може теоретично бути відновленим за сприятливих соціально-економічних умов. Також можна отримати інформацію про попередні умови, вивчаючи старі знімки з повітря, старі мапи, назви місць і місцеву історію. У відповідності до базових принципів відновлення екосистем, знаходять подібну екосистему поблизу, і, наскільки можливо, мають проводитися ті самі заходи. Якщо це неможливо, складається опис такої екосистеми. Порівняно з континентальною Європою, де історія використання земель є довшою і конкуренція вищою, в Ісландії легше знайти подібні екосистеми і це може бути перевагою для відновлення торфовищ Ісландії.

До повторного обводнення: Характеристики території докладно описуються перед тим, як вживаються заходи із повторного обводнення. Іншими факторами є: характеристики і умови каналів і насипів, водотоків (вхідних і вихідних водотоків), рослинність. Для всіх територій створюються мапи на основі повітряних знімків, бажано протягом різних сезонів, які допоможуть експертам у визначенні розповсюдження рослинних угруповань

і створення моделей. Хорошим часом для створення топографічних мап є час після тавнення снігу навесні, коли рослинність відносно низька, а наносити рослинність на мапи краще пізнього літа.

Рослинність: вивчення і нанесення на карти рослинності є дуже важливими під час відновлення торфовища. Видовий склад, де присутні судинні і несудинні рослини, відображає умови території, такі як довгостроковий рівень води (РВ), доступність поживних речовин та історію використання земель серед інших змінних. В Ісландії існує тільки класифікація хабітатів EUNIS. Території позначається відповідно до типу хабітату і домінуючих видів рослинності, які відповідно позначаються. Розробляється шкала для визначення рівня деградації торфовищ, але рівень присутності суходільних видів і складу видів мохів є одним з основних показників деградації. Щучник дернистий (*Deschampsia cespitosa*), мітлиця звичайна (*Agrostis capillaris*) і навіть любочки осінні (*Leontodon autumnalis*) є показниками деградації і часто особливо помітні на найсухіших місцях біля каналів. Кущі, такі як верба філіколиста (*Salix phylicifolia*) і верба шерстиста (*S. lanata*), також стають більш помітними, особливо коли на цих територіях випасають коней. Подальше дослідження може бути цінними, але вимагає кваліфікованих експертів, як і коли мохоподібні реагують на зміни горизонту ґрунтових вод після осушування і відновлення.

Рівень вод: глибина і стабільність рівня води є найбільш важливою змінною у відновленні торфовища і його підняття є основою для подальшого переходу. Як мінімум протягом року проводиться моніторинг рівня вод перед будь-якими діями з відновлення. Для врахування щорічних кліматичних коливань, в ідеалі, мають проводитися такі ж вимірювання на прилеглий контрольній території. В Ісландії території, придатні для повторного обводнення, часто знаходяться на віддалених і важкодоступних територіях. Регулярне ручне вимірювання рівня вод не завжди можливе, а залучення водолазів є дуже дорогим. На деяких територіях вирішили встановити металеві прути, як маловитратний метод для оцінки найчастіших інтервалів рівня вод, вимірюючи рівень окислення (іржі). Прути залишаються в ґрунті як мінімум три місяці після того, як ґрунт розтанув. Попередні результати обнадійливі, і цей метод буде випробовуватися надалі. Протягом найсухіших періодів рівень відкритих вод, таких як канали і ставки, можна використовувати як показник інтенсивності осушування.

Умови поверхні: приклади умов поверхні, які оцінюються перед повторним обводненням, включають співвідношення поверхні, на якій є рослинність, вплив випасання, а також розмір і тип поверхневого шару ґрунту.

Ґрунт: стан ґрунту є також показником стану торфовища. Глибина профілю ґрунту вимірюються в каналах, оскільки в цих місцях легше отримати доступ до повного профілю. Визначається тип ґрунту, рівень розкладу рослинних решток за шкалою гуміфікації Von Post. Також зазначають, чи ґрунт має високий ступінь органічного складу, чи він змішаний з мінералами, а також чи є значними продукти вулканічних вивержень. Відбір зразків ґрунту є ідеальним, але не завжди можливим.

Моніторинг: в ідеалі, відновлення торфовища є довгостроковим процесом. Важливо встановити початковий рівень перед відновленням, бажано за період більше одного року. В перші роки після відновлення мають моніторитися умови відновлення і короткотермінові зміни, такі як рівень вод. Довгострокові зміни екосистеми повинні оцінюватися відповідно до попередньо встановлених цілей.

2.2. Економічне і соціальне середовище, регулювання взаємодії зацікавлених осіб

Досвід Польщі

Майже вся територія Польщі поділена на ділянки, які використовуються для задоволення різних інтересів населення. Таким чином, повторне обводнення вологих лук, впливаючи на самі вологі луки, впливає на сусідні території і є складним соціальним процесом. Для того, щоб процес повторного обводнення взагалі став можливим, його мають схвалити (принаймні, не бути активно проти) зацікавлені особи. Звичайно, ідеально було б, щоб хоча б частина суспільства сприйняла проєкт з ентузіазмом тобто «як свій».

Повторне обводнення зазвичай є «корисним для суспільства», тобто із загальної точки зору, сума переваг (включно із вартістю відновлених послуг) переважає суму об'єктивних втрат. Однак це повідомлення нелегко донести. Однією з основних проблем є те, що одна соціальна група зазнає втрат, а інша отримує вигоду. Вигода від таких процесів є зазвичай загальною (як наприклад боротьба із зміною клімату), тоді як втрат зазнають конкретні люди (власники земель, які не можуть продовжувати свою підприємницьку діяльність).

Зазвичай проєкти з повторного обводнення найлегше і найефективніше проводити на державних вологих луках, оточених іншими державними землями. Державні установи легше переконати у загальних соціальних перевагах повторного обводнення, включно з потребами збереження навколишнього середовища, особливо якщо ці ділянки не є об'єктами особливого економічного інтересу. Більшість проєктів повторного обводнення, які до цього часу здійснювалися в Польщі, були розташовані на державних землях, керували якими державні лісництва – які декларують інтерес у збереженні навколишнього середовища, намагаються бути про-екологічними і про-соціальними і не зацікавлені в управлінні важкодоступними болотами. Незважаючи на це, необхідне поширення повторного обводнення боліт потребуватиме включення приватних боліт.

Основною проблемою багатьох потенційних проєктів із повторного обводнення є те, що територіальна сфера дії не може бути обмежена тільки торфовищем. Вони впливають на загальну циркуляцію води ландшафту, а саме вплив на межі торфовища і сусідні території, що часто вступає у конфлікт із сучасним використанням цих земель. Загалом, неможливо запустити зворотний процес після осушення торфовища, при цьому зберігши всі «економічні переваги» цього осушення, і переваги використання цих земель, отриманих завдяки цьому осушенню! Припинення діяльності чи зміна використання земель є ціною, якої неможливо уникнути при повторному обводненні боліт. І процес досягнення згоди усіма зацікавленими учасниками є, зазвичай, надзвичайно складним.

Майбутнє повторного обводнення торфовищ має включати значні стимули з боку держави для заохочення власників землі погодитись із повторним обводненням і підтримки переходу у використання земель на вирощування біомаси або компенсацію за полишені землі. Такі стимули, наразі, не розроблено.

Право власності на землю є базовою інформацією, яку потрібно отримати. Відповідні дані отримують із державних кадастрів, але вони не завжди легко доступні. Право власності на державні ліси можна перевірити на інтернет-мапі «База даних лісів» (<https://www.bdl.lasy.gov.pl/>). Однак немає подібних баз даних власності інших державних установ. Щодо річок і каналів, передбачається, що дані можуть мати польське водогосподарське відомство. Землі громад визначаються відповідними громадами. Інколи повні дані про ділянки, включно з власниками, можна отримати із державного

кадастру. В інших випадках визначити приватних власників може бути важко через обмеження законодавства про захист особистих даних. У таких випадках отримання інформації неформальним шляхом і особисті звернення стають незамінними.

Для успішного впровадження проєкту із обводнення треба визначити не тільки власника ділянки, яку планується повторно обводнити, але й власників сусідніх ділянок, які будуть зачеплені повторним обводненням – і навіть ті землі, які «власник вважає потенційно зачепленими» мусять визначатися. Це стосується сусідніх земель, але інколи навіть земель, які знаходяться далеко, але які осушувались тією ж дренажною системою або дренувались до того ж водотоку.

Інтереси учасників визначаються на основі права власності на землю. А саме: як використовується земля і для чого? Скільки води використовується при поточному використанні землі. Чи поточне використання землі можна замінити на якесь інше? Чи можливо викупити землю?

До уваги треба брати не тільки справжні інтереси зацікавлених осіб, але й уявні. Треба пам'ятати, що в польському суспільстві болота досі розглядають як щось негативне, і люди, в основному фермери, часто побоюються «великої води». Потенційний вплив зростаючого рівня води можуть вбачати вищим і більш загрозливим, ніж він насправді є. Навіть рідкісні випадки зростання рівня води у дощові роки можуть використовуватись як аргумент проти повторного обводнення.

В будь-якому випадку повторне обводнення має плануватись як прозорий процес, з усією необхідною інформацією, доступною для всіх зацікавлених. Планування за участі всіх зацікавлених осіб було б ідеальним рішенням. В Польщі є певний досвід створення «команд місцевого співробітництва» під час розробки планів управління для Natura 2000; цей підхід можна легко використати і адаптувати до планування повторного обводнення торфовищ. Але також варто зазначити, що тиск зацікавлених осіб може негативно впливати на цілі і значення повторного обводнення.



Як фермер, чиє життя полягає у вирощуванні корів, відреагує на ідею відновлення торфовища біля його пасовищ? А також – як припинення випасання після повторного обводнення вплине на біорізноманіття лук?

Досвід Ісландії

Більшість низовинних територій Ісландії (нижче 400 метрів над рівнем моря), там де найчастіше зустрічаються осушені торфовища, знаходяться в приватній власності. Інформація про право власності на землю в Ісландії є загальнодоступною [database](#) (ісландською: *lögbylaskrá*), тому не важко знайти й ідентифікувати власників землі серед невеликого населення Ісландії. До останнього часу більшість проєктів із повторного обводнення торфовищ ініціювались власниками чи управляючими землі, часто при взаємодії із державними організаціями із збереження навколишнього середовища. Для збільшення об'єктів повторного обводнення потрібен більш активний підхід.

Хоча більшість проєктів із відновлення здійснюються на територіях, які практично не використовувались або через сільськогосподарське запустіння або вони використовувались тільки для сезонного випасання, мало хто із власників зацікавлений у відновленні своїх торфовищ. Так само як і в Польщі переваги повторного обводнення торфовищ є загальними, і власники землі не отримують вигоди. Фіннур Р. Андрасон (Finnur R. Andrason, 2002) визначив чотири основні причини небажання власників землі в Ісландії співпрацювати:

- Брак фінансового заохочення чи одиниць скорочень викидів у порівнянні із використанням земель у лісівництві чи сільському господарстві на багатих органікою ґрунтах, щоб деякі власники землі могли б захотіти отримати прибуток від повторного обводнення.
- Негативні, неправдиві чи протилежні повідомлення і висвітлення засобами масової інформації. Повторне обводнення торфовищ є гарячою темою в Ісландії, і часто зустрічається з недовірою і ворожістю певними групами.
- Недовіра до можливості скорочення викидів внаслідок відновлення, внаслідок відсутності місцевих досліджень.
- Відсутність відповідних знань зацікавлених осіб.

Інші причини включають: страх, що постраждають сусідні території, що утворяться ставки і ями із крутими схилами, які можуть становити небезпеку для худоби і людей, що ця територія стане важко прохідною – наприклад під час перегону овець; брак чітких визначень, що вважається використанням землі і осушене торфовища; брак співпраці з людьми, які проживають на цій території або з нею знайомі; вологі луки захищені екологічним законодавством Ісландії і фермери віддають свої землі на невизначений час з маленькою надією на використання її в майбутньому; наголос на кліматі, а не біорізноманітті, хоча для багатьох легше пояснити переваги біорізноманіття, ніж зменшення парникових газів; деякі власники вважають, що торфовища менш естетично привабливі, ніж фермерські землі, і бояться суспільного осуду за повторне обводнення; брак ділянок, придатних для повторного обводнення; нечіткий розподіл відповідальності між державними установами і муніципалітетами; брак фінансування і кваліфікованих працівників. На більш позитивній ноті – скептицизм щодо змін клімату не перераховано серед основних перешкод до повторного обводнення в Ісландії.

3. Планування

3.1. Ідеї, компроміси, цілі

Досвід Польщі

У Польщі існуючі проекти із повторного обводнення найчастіше засновані на наступних ідеях:

- Повторне обводнення для відновлення навколишнього середовища. Основна ідея – це відновлення осушених водно-болотних угідь не тільки задля конкретних екосистемних послуг, але також задля їх власної цінності. Береться за приклад початкова екосистема і шляхом повторного обводнення її намагаються відновити настільки, наскільки це можливо. Подібність до початкової екосистеми її екогідрології і пов'язаних екологічних процесів, відновлення екологічних систем зруйнованих в результаті діяльності людини є показником успіху. Повторне обводнення є, зазвичай, повним і подальше економічне використання земель є неможливим.
- Повторне обводнення для складових біорізноманіття. Основною ідеєю є оптимізація оселищ деяких видів флори і фауни вологих лук, а саме амфібій і птахів. Повторне обводнення тільки для екологічних потреб певних видів (в деяких випадках це не обводнення в прямому сенсі), часто із припущенням, що можливо буде підтримувати традиційне використання землі, наскільки це можливо. Наприклад, повторне обводнення вологих лук для збережень чапель передбачає підтримання високого рівня вод навесні, але зменшення його потім для збереження можливості покосу лук. Часто розглядають відновлення чи підтримку деяких екосистемних послуг боліт.
- Повторне обводнення для утримання води. Основною ідеєю є максимальне збільшення послуги екосистеми із утримання води: утримання води в ландшафті, для попередження посухи і забезпечення підтримання водного режиму для лісових і сільськогосподарських екосистем. Ця ідея популярна серед лісівників і деяких фермерів, вона впроваджується шляхом повторного обводнення і відновлення малих боліт як островів у зміненому ландшафті, якщо можливо, не впливаючи на продуктивні землі. Особливо ідея «малого затримання вод у лісах» є популярною серед лісівників Польщі.
- Повторне обводнення заради подолання змін клімату. Основною ідеєю є збереження двоокису вуглецю в торфі для попередження викиду парникових газів. Це вимагає пострійної підтримки торфу вологим – а значить повного обводнення торфовища.

Хоча ідеї зазначені вище часто є синергетичними, вони відрізняються деталями, які можуть вплинути на встановлення детальних цілей проектів із повторного обводнення. Деякі з них вимагають компромісів між повторним обводненням (відновленням болота) і продовженням використання землі. Така ідея є близькою до «раціонального використання» боліт, рекомендованого Рамсарською Конвенцією. Однак такі рішення можуть не привести до «повторного обводнення» в прямому значенні – тобто не відновлюють умови, в яких торф буде дійсно постійно вологим.

Деякі повторно обводнені торфовища призначені виключно для збереження природи і навколишнього середовища, що означає припинення їх економічного використання. Якщо вони розташовані на охоронюваних територіях, вони можуть вважатися «суворо захищеними» згідно із стратегією біорізноманіття ЄС.

Однак деякі повторно обводнені болота можуть використовуватись із отриманням прибутку. Технології економічного використання, сумісні із повторним обводненням, називаються «палудікультури» (вирощування біомаси на повторно обводнених територіях). До прикладу вирощування тростини (комишів) чи рогозу; вирощення сфагнуму для садівництва, чи вирощування верб чи вільх. Вони можуть бути економічно життєздатними. Однак така економічна діяльність складається з дуже специфічних видів діяльності на повторно обводнених торфовищах, які вимагають повного «переключення» від звичайного підприємницького фермерства до нового підходу. Необхідні інвестиції для закупівлі техніки, а також ризики, пов'язані із початком нової незвичної діяльності створюють високий «вступний поріг» навіть для зацікавлених фермерів. В результаті не існує прикладів впровадження палудікультур на повторно обводнених болотах.

Через високе різноманіття водно-болотних угідь Польщі всі підходи, описані вище, мають відповідні приклади впровадження на конкретних територіях. Вибір відповідного підходу є першочерговим і базовим для кожного проєкту з відновлення торфовища.

На основі обраного підходу (прийнятого рівня компромісу) можна розробити цілі повторного обводнення. Вони мають описувати очікувані водні умови, яких має бути досягнуто. Розробка цілей повторного обводнення має враховувати реалістичність повторного обводнення, в особливості в контексті незворотності зміни торфовища, таких як те, що поверхня торфу понизилася через зсихання торфу, підвищення дренажу водотоками і глибшими каналами, загальний брак води у ландшафті.

На основі цілей повторного обводнення можна визначити цілі відновлення торфовища, розробити ідею відновленого торфовища з його рослинністю та іншими екосистемними складовими. Реалістичність відновлення екосистеми, зазвичай, залежить від ступеню його деградації. У випадку, коли болото є не сильно деградованим, його можливо відновити шляхом відновлення попередніх водних умов. Навіть тоді деякі процеси (як от зміни мікробіому у ґрунті; розвиток мікоризи через розповсюдження дерев), є незворотніми. У випадку сильно осушених торфовищ із сильно зсохлим і виснаженим шаром торфу, або з поверхневим деградованим шаром торфу, повторне обводнення може призвести тільки до утворення нової болотної екосистеми, яка може надавати деякі з екосистемних послуг, але зазвичай, не такі цінні, як першопочаткова.

Досвід Ісландії

Близько до кінця минулого століття були здійснені перші спроби відновлення торфовищ у Ісландії. Їх ініціаторами були ентузіасти-орнітологи які хотіли здійснити їх як намагання відновити оселища птахів, а також фермери, які врячали худобу в каналах. За наступні роки було здійснено більше проєктів, де було відновлено ставки, озера і торфовища – оселища птахів.

Після виходу у 2013 році Додатку про водно-болотні угіддя до Керівних принципів МГЗЕК 2006 р. з національних інвентаризацій парникових газів, викиди із осушених органічних ґрунтів були вперше внесені в державний реєстр Ісландії. У рідкозаселеній країні з відносно малим промисловим сектором і великими площами осушених торфовищ, викиди від органічних ґрунтів складають досить велику частину загальних викидів країни, а саме 50-60% (Umhverfisstofnun). В минулих десятиліттях питання втрати біорізноманіття отримало підвищену увагу після ратифікації Бернської конвенції 1993 р. і Конвенції ООН про біологічне різноманіття 1995 р., із новими Глобальними рамковими цілями з біорізноманіття Кунміль-Монреаль, які повинні замінити недійсні і не виконані цілі Айтї. Ісландія також прийняла Рамсарську конвенцію з водно-болотних угідь 1978 року і наразі названо шість водно-болотних угідь згідно з Рамсарською конвенцією (Umhverfisstofnun).

Основною метою відновлення торфовища є відновлення втрачених умов, функцій, структури і видів, які були втрачені внаслідок діяльності людини. Кожен проєкт може мати подальші, більш точково сформульовані, цілі. Кінцева мета відновлення торфовища базується на стандартному місцевому прикладі такої екосистеми або на аналогічному торфовищі, яке не було осушене, або на концепції екосистеми, яка базується на наукових і місцевих знаннях. При відновленні торфовищ ключовою функцією, яку потрібно відновити, є гідрологія території, оскільки вона є умовою для інших процесів відновлення, рухом у напрямку відновленої, здорової і функціонуючої екосистеми (Ган (Gann) та інші 2019). В Ісландії, в деяких випадках, це єдине втручання, яке потрібне. Якщо його виконувати правильно і постійно, природні процеси беруть гору і з часом екосистема торфовища відновлюється. Звичайно це, серед іншого, залежить від ступеня деградації території до відновлення

Простими словами – відновлення торфовища загалом розглядається як проєкт із відновлення різноманіття із доданими перевагами для подолання змін клімату або кліматичний проєкт із плюсами для біорізноманіття. В деяких випадках мотивом для відновлення є питання естетики із перевагами для біорізноманіття і клімату.

3.2. Практична можливість реалізації, загальна ідея виконання

Досвід Польщі

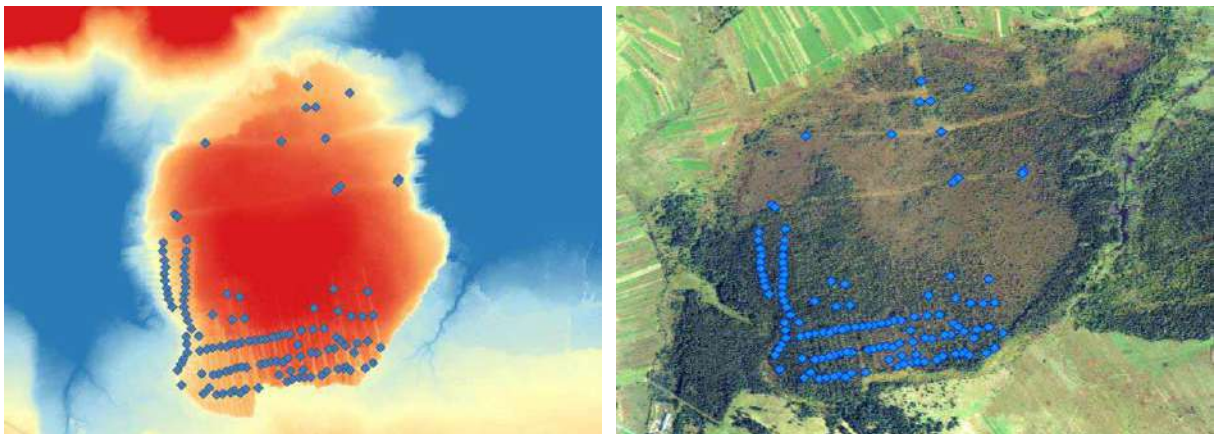
Коли у нас є ідея, чого ми хочемо досягнути, наступним питанням зазвичай є те, як це зробити, тобто як зібрати і підтримувати достатню кількість води аби досягнути бажаного результату з повторного обводнення. Зазвичай повторне обводнення здійснюється шляхом блокування відтоку води, але залишаються питання: в яких точках, в скількох точках? Відповіді мають розраховуватися окремо для кожного торфовища після вивчення його індивідуальної гідрології. Однак, спираючись на досвід і помилки повторного обводнення у Польщі, можна сформулювати загальні принципи:

- Торфовища мають бути повторно обводненими «належною водою», а саме водою того самого походження і хімічного складу, які були в початкового джерела. Тобто верхові омботрофічні болота чи солігенні низинні болота не можна обводнювати річковою водою. Солігенні низинні болота із обмеженим розвитком рослинності не повинні обводнюватися з іншими показниками;
- У випадку, коли добре збережений шар торфу, можна запропонувати насичення торфовища шляхом інфільтрації. Однак, якщо торф частково розклався, він стає гідрофобним і навряд чи придатним для повторного обводнення.
- Зазвичай намагаються підтримувати рівень ґрунтових вод якомога ближче до поверхні повторно обводненого торфовища. Якщо поверхня торфовища не є рівною (а саме: куполоподібні верхові болота, висячі болота, фільтраційні фени), водозапірні механізми мають підтримувати не рівний (не плаский) рівень води – можливо потрібно буде спорудити каскад малих каналів;
- Засоби блокування відтоку води мають бути стійкими до непередбачуваних руйнувань, тобто мають бути продубльовані;
- Необхідно передбачити старіння запірних конструкцій. Ідеальним рішенням було б перекрити відтік води натуральними матеріалами, які б розкладалися паралельно із заростанням каналів, а потім зникали якраз тоді, коли вони більше не потрібні – але в найгіршій ситуації вони зникнуть швидше!

- Не варто переоцінювати екологічний ефект повторного обводнення. Хоча в деяких випадках ефект «повернення води» є швидким і видовищним, в інших випадках ефект малопомітний в перші роки; потрібно кілька років (і серед них дощові), щоб їх побачити. Можна очікувати несподівані напрямки розвитку рослинності. Тільки незначно деградовані болота можна повернути в попередній стан.
- Для успішного повторного обводнення потрібно заблокувати всі шляхи відтоку води. Найчастіше цього досягають гнучким управлінням: постійними вимірюваннями точок відводу води.

Детальне планування і картографування відтоку води для повторного обводнення вимагає гідрологічних знань і досвіду. Крім цього, гідрологія торфовища має характерні особливості – експерти повинні, за можливості, мати досвід в «гідроінженерії торфовищ», а не тільки в загальній гідрології.

Інколи використовують гідрологічне моделювання для оцінки можливих, подальших водних умов після повторного обводнення. Зазвичай потрібні дослідження топографії торфовищ, каналів, структури торфу і базових параметрів торфу як вхідних даних. Однак деякі проекти із повторного обводнення впроваджуються без точних гідрологічних прогнозів, базуючись тільки на інтуїції експертів. Якщо експерти досвідчені, цей підхід є зазвичай ефективним.



Каскад запірних споруд, необхідних для блокування відтоку із купольного болота. Болото Балігівка (Baligówka).



Каскадний підхід до блокування каналів застосовується також в інших країнах. Відновлення болота в Австрійських Альпах.



Чекаючи на дощовий рік... Заходи із повторного обводнення в Польщі часто не мають негайного ефекту; довгі періоди посушливої погоди влітку можуть зменшити ймовірність успіху.

Досвід Ісландії

Близько до кінця минулого століття були здійснені перші спроби відновлення торфовищ у Ісландії. Їх ініціаторами були ентузіасти-орнітологи, які хотіли здійснити їх як намагання відновити оселища птахів, а також фермери, які вращали худобу в каналах. За наступні роки було здійснено більше проєктів, де було відновлено ставки, озера і торфовища – оселища птахів

Після виходу у 2013 році Додатку про водно-болотні угіддя до Керівних принципів МГЗЕК 2006 р. з національних інвентаризацій парникових газів, викиди із осушених органічних ґрунтів були вперше внесені в державний реєстр Ісландії. У рідкозаселеній країні з відносно малим промисловим сектором і великими площами осушених торфовищ, викиди від органічних ґрунтів складають досить велику частину загальних викидів країни, а саме 50-60% (Umhverfisstofnun). В минулих десятиліттях питання втрати біорізноманіття отримало підвищену увагу після ратифікації Бернської конвенції 1993 р. і Конвенції ООН про біологічне різноманіття 1995 р., із новими Глобальними рамковими цілями з біорізноманіття Кунміль-Монреаль, які повинні замінити недійсні і невиконані цілі Аїті. Ісландія також прийняла Рамсарську конвенцію з водно-болотних угідь 1978 року і наразі названо шість водно-болотних угідь згідно з Рамсарською конвенцією (Umhverfisstofnun).

Основною метою відновлення торфовища є відновлення втрачених умов, функцій, структури і видів, які були втрачені внаслідок діяльності людини. Кожен проєкт може мати подальші більш точково сформульовані цілі. Кінцева мета відновлення торфовища базується на стандартному місцевому прикладі такої екосистеми, або на аналогічному торфовищі, яке не було осушене, або на концепції екосистеми, яка базується на наукових і місцевих знаннях. При відновленні торфовищ ключовою функцією, яку потрібно відновити, є гідрологія території, оскільки вона є умовою для інших процесів відновлення, рухом у напрямку відновленої, здорової і функціонуючої екосистеми (Ган (Gann) та інші 2019). В Ісландії, в деяких випадках, це єдине втручання, яке потрібне. Якщо його виконувати правильно і постійно, природні процеси беруть гору і з часом екосистема торфовища відновлюється. Звичайно це, серед іншого, залежить від ступеня деградації території до відновлення

Простими словами – відновлення торфовища загалом розглядається як проєкт із відновлення різноманіття із доданими перевагами для подолання змін клімату або кліматичний проєкт із плюсами для біорізноманіття. В деяких випадках мотивом для відновлення є питання естетики із перевагами для біорізноманіття і клімату.

3.3. Формальні вимоги до планування, правові питання і практичні поради

Польська система

Перед здійсненням проєкту із повторного обводнення попередньо необхідно зібрати всі дозволи. Однак, завдяки юридичним виняткам, тягар їх збору може бути суттєво полегшений.

За замовчуванням для кожної зміни водних умов, включно з побудовою нових водних споруд, потрібно отримати згоду від установи, яка відповідає за водні об'єкти. До заяви має додаватись звіт по цьому водному об'єкту, підготований експертом у відповідній сфері. Однак побудова кульверта в каналі вимагає тільки завчасного повідомлення із доданою базовою інформацією. «Реконструкція каналу» для обмеження відтоку води з власної землі (не зачіпляючи інші території) вимагає тільки спрощеного повідомлення. Тому, для полегшення тягаря, кожна діяльність має бути названа відповідно.

За замовчуванням, побудова будь-якої споруди вимагає отримання дозволу на спорудження від відповідних органів влади. При поданні документів на дозвіл має додаватися детальна мапа, створення якої зазвичай вимагає коштовного залучення професійного геодезиста. Однак для реконструкції «меліоративних споруд» не потрібне картографування і отримання дозволу. Будівельне законодавство не застосовується взагалі, якщо не використовуються «будівельні матеріали». Тому для полегшення тягара часто обирають застосування тільки природних матеріалів чи відповідно описують діяльність.

Для спорудження «запірної споруди» на водотоці на природоохоронній території може бути потрібен дозвіл екологічної державної установи. Тим не менш, це правило не застосовується, коли діяльність прописана як план управління на охоронюваній території і висота води не перевищуватиме 1 м.

Такі практичні кроки для полегшення тягара документального оформлення і збереження коштів часто беруть до уваги під час розробки детальних планів із повторного обводнення в Польщі. Часто обирають технічні рішення, які передбачають простіші вимоги до оформлення.

Система Ісландії

Для повторного обводнення торфовищ в Ісландії потрібен загальний будівельний дозвіл від органів місцевої влади. Кожен муніципалітет вирішує, чи потребує обводнення торфовища отримання дозволу, чи ні. Також кожен муніципалітет вирішує, яку саме документацію потрібно додати до заяви. Зазвичай достатньо мапи або знімку з дрона з детальним описом проєкту. В деяких випадках муніципалітети вимагають підписи або згоду зацікавлених осіб (сусідів, власників землі). Інформування власників прилеглих ділянок є доброю практикою і попереджає можливе майбутнє незадоволення. Вони можуть турбуватися про те, що повторне обводнення може негативно впливати на їхні плани із використання землі. Також у випадках, коли поруч є річка чи озеро, рекомендують проконсультуватися із місцевими об'єднаннями рибалок. Також обов'язковою є консультація з Агенцією культурної спадщини Ісландії для попередження можливої шкоди рештам пам'яток культури. Якщо проєкт заплановано на території з високим охоронним статусом, потрібен дозвіл від Агенства з навколишнього середовища Ісландії.

3.4. Фінансування

Досвід Польщі

В Польщі найбільш важливим джерелом фінансування відновлення торфовищ є національні фонди і фонди ЄС, призначені для збереження природи. Великі проєкти, зазвичай, частково фінансуються Фінансовим інструментом EU LIFE чи Фондом регіонального розвитку ЄС і управляються національними установами. Деякі проєкти фінансуються пов'язаними з ЄС фондами з Норвегії, Швейцарії чи Ісландії. Зазвичай, фінансування доступне у вигляді ґрантів для найкращих проєктів, вибраних у відкритому конкурсі. Фінансування зазвичай доступне для частини бюджету проєкту; решта має бути покрита не фондами ЄС. Польські фінансові інституції: Національний фонд управління навколишнім середовищем і водами, а також регіональні фонди є важливими джерелами фінансування багатьох проєктів. Однак умови національного фінансування, як мінімум в останні роки, є непрозорими.

З 2021 року доступні компенсації для фермерів, чиї землі затоплені або сильно підтоплені (ґрунт повністю насичений водою), як заходи EU CAP. Однак виплати доступні тільки як додаток до вже існуючих схем сільськогосподарсько-екологічного фінансування;

об'єм такого фінансування є невеликим і покриває і вимагає тільки 12 днів наявності води. Тому він може мотивувати фермерів до повторного обводнення торфових ґрунтів; вони можуть тільки компенсувати вплив погодних умов чи паводки.

Незважаючи на врахування можливого економічного використання деяких повторно обводнених боліт, до сьогодні немає прикладів розвитку палудікультур на повторно обводнених територіях і переключення з ведення сільського господарства на осушених торфовищах на вирощування палудікультур на відновлених. Всі відомі приклади палудікультур (як фермери які вирощують очерет для покриття стріх) відбувалися тільки на територіях, які були постійно заболоченими.

Як і в інших країнах, зростає інтерес деяких компаній до покращення їх екологічного іміджу, декларуючи супутні їхнім викидам парникових газів екологічні інвестиції, а повторне обводнення торфовищ (після якого зменшуються викиди парникових газів) є однією з таких можливостей. Однак до цього часу не існує працюючої системи такого «вуглецевого обміну», що дозволяє достовірну сертифікацію ефекту. Здійснюється спроба розробити національну схему Польщі для ринку «вуглецевих кредитів» подібного до Німецького MoorFuture. Кредити розраховані як приблизна вартість збереження символічної еквіваленту 1 тоні CO₂ через повторне обводнення торфовища, будуть доступними для купівлі кожним зацікавленим як добровільна компенсація викиду згенерованих парникових газів. Однак система ще не почала працювати.

Досвід Ісландії

Оскільки Ісландія не є частиною ЄС, європейські фонди не були доступні до останнього часу. З 2021 року Ісландія має змогу подаватися на фінансування LIFE, хоча досі відновлення торфовищ не фінансувалися з LIFE. Одна заявка розглядається зараз, вона подана спільно шістьма агенціями і двома НГО, згідно з якою значні території торфовищ мають бути відновлені на заході, півдні і сході Ісландії. Вона включає детальний моніторинг, залучення зацікавлених осіб, популяризацію і навчання. До цього часу більшість проєктів відновлення фінансувалися урядом, найраніші – Комітетом водно-болотних угідь, більш пізні SCSi. Декілька проєктів фінансувалися Адміністрацією доріг і береговою адміністрацією Ісландії (IRCA) і Національною енергетичною компанією як компенсація за порушення цілісності торфовищ під час будівництва доріг і електростанцій.

Стадія фінансування повторного обводнення є відносно простою з 2016 року, коли повторне обводнення торфовищ було включене в план по боротьбі із змінами клімату Ісландії. Однак через брак розуміння важливості планування, приготування, моніторингу, управління і залучення професійних працівників у цей процес, такі проєкти важко фінансувати. Приватний фонд, який називається Фонд водно-болотних угідь (Wetland Fund) профінансував кілька проєктів у 2018-2023 роках (~300 га загалом), де приватний сектор міг купувати неофіційні квоти на викид вуглецю і прибуток прямо йшов на повторне обводнення торфовищ. Діяльність фонду призупинено, оскільки компанії і власники землі чекають на створення ринку вуглецевих квот. Як і в Польщі, не існує працюючої системи торгівлі квотами, але інтерес зростає, як до розробки національної схеми і схеми для добровільного ринку вуглецевих квот. Основною перешкодою є брак даних про торфовища Ісландії, оскільки було проведено тільки кілька досліджень і немає конкретних даних про баланс викидів парникових газів торфовищ, осушених чи природних.

4. Впровадження

4.1. Техніки повторного обводнення

Досвід Польщі

Найбільш важливим фактором обводнення торфовищ є відновлення і підтримання рівня води. У більшості випадків це вимагає блокування штучного відтоку води. Найбільш часто використовують наступні технічні рішення:

Повторне обводнення шляхом скасування підтримання осушувальних заходів. Багато торфовищ, які раніше осушувалися і використовувались для сільського господарства і лісівництва, зараз покинуті або майже покинуті. Якщо не підтримувати дренажні системи, вони стають менш ефективними, наприклад через заростання каналів і замулення. Часто це супроводжується хоча б частковим повторним обводненням торфовища. Процес вимагає тільки «нічого не робити» і невідновлення каналів. Однак такий підхід не завжди ефективний, бо канали частково зберігають свої дренажні властивості. Особливо канали, які виглядають сухими влітку, навесні можуть відводити воду.



Зарослий і покинутий великий дренажний канал. Словінський (Słowiński) національний парк.

Боброві загати. В деяких випадках на дренажних каналах будують дамби бобри *Castor fiber*. Це ефективний засіб для повторного обводнення. Достатньо просто не турбувати бобрів. В масштабах певного ландшафту затоплення бобрами приносить багато користі навколишньому середовищу, покращуючи циркуляцію води в ландшафті, забезпечуючи всмоктування поживних речовин, утримування води, тощо (Янішевський Janiszewski) та ін. 2014. Однак ефекти не повністю передбачувані. В деяких випадках боброві загати і затоплення можуть руйнувати цінні елементи біорізноманіття, такі як місця репродукції риб у водотоках чи певні частини місць проживання, які знаходяться під загрозою зникнення. Активність бобрів може також непередбачувано шкодити лісівництву і сільському господарству. Більшість цих проблем можна розв'язати простими і дешевими способами. Ці питання детально розглянуті в окремих дослідженнях (Czech 1999, Szpaczyński 2003, Czech 2005, Campbell-Palmer et al. 2016). Найбільш популярним способом є встановлення труби, коли впускний отвір заглиблений на кілька метрів вглиб затопленої ділянки і закритий металевим кошиком щоб бобри не могли знайти місце витоку води і закрити його. Однак з точки зору повторного обводнення, підтримання бобрових загат без втручання є найкращим підходом, навіть попри деякі недоліки.



Дренажний канал, перекритий бобровою загатою. Ідеальний засіб повторного обводнення торфовища. Ізбіцкі багна – Izbickie Bagna.

Імітація бобрових загат. Створення споруд за допомогою дерева, глини, тощо. Зазвичай вони не довговічні, але виглядають природно, і – якщо збудовані досвідченим експертом як мережа блокуючих споруд, які постійно оглядають, підтримують і, за необхідності виправляють, – добре виконують свою роботу. Такий підхід застосовують в основному в США (Wheaton et al 2019), але були зроблені спроби впровадження таких підходів у Польщі, особливо в районі Познані, в Бещадах і на річці Мала в Мазовії; тому вони можуть бути рекомендовані для ширшого застосування.



Імітація бобрової загати, зроблена місцевим фермером у Велькопольському воєводстві для утримання води на території ферми.



Імітація бобрової загати, яка блокує дренажний канал в Бещадах з використанням вербових гілок – від побудови восени до наступного літа. Фото: Andrzej Czech.

Біологічні структури із трав'янистих рослин. Канали, які не обслуговуються, достатньо швидко заростають. Для збільшення кількості води у низинному болоті, сповільнення надмірного відтоку часом корисно використати ці властивості для прискорення процесу. Хорошим прикладом такої рослинності є групи *Carex paniculate*, які доволі легко пересадити в канали як частину так званого біологічного заґачування. Однак таке рішення можна використати тільки для малих каналів із малими об'ємами відтоку.



Канал заблокований висаджуванням *Carex paniculata*.

Стовбури дерев. На схилах деяких гірських торфовищ можна досягнути певного ефекту повторного обводнення шляхом обмеження стоку поверхневих вод. Дуже просте рішення, яке може бути ефективним – вкладанням стовбурів дерев перпендикулярно до схилу.



Блокування поверхневого стоку стовбурами дерев. Фото: A. Jermaszek.

Фіксовані дерев'яні бар'єри. Невисока ціна, легкість спорудження, легка інтеграція в навколишнє середовище і відносно довгий строк служби виправдовують таке технічне рішення. Ці бар'єри гарантують спинення надмірного відтоку води чи підвищення рівня води у каналах до 4-5 см шириною. Базові матеріали для їх спорудження – товсті (4-5см), але не надто широкі (10-15см), дерев'яні дошки різної довжини (1,5-2м) з пазами. Найкращим матеріалом є тверді породи дерев, наприклад, дуб. Вільха підходить в умовах занурення. Товста соснова деревина також може виконувати ці функції протягом кількох років. В багатьох випадках (мілкі канали з низькими дебітом води), кількох років достатньо для повного заростання каналу. Природне розкладання перегородки, яке більше не виконує свою функцію, є, у цьому випадку, бажаним.

Існує кілька різних технік побудови дерев'яних бар'єрів (Pawlaczyk et al. 2002, Kujawa-Pawlaczyk & Pawlaczyk 2005, Makles et al. 2014, Центр координації проєктів збереження навколишнього середовища 2016). Дошки загострені з одного боку таким чином, що коли їх заганняють в землю по одній, вони спрямовують себе і притискають раніше загнані щоб встановити міцну перегородку. Глибина, на яку встановлюють дошки, залежить від висоти воріт і твердості ґрунту. В місцях, де помічено значний відтік, дошки потрібно встановлювати на більшу глибину. В органічному ґрунті заглиблення може перевищувати висоту бар'єру у 2-3 рази. В твердих мінеральних субстратах глибина має перевищувати висоту дамби, для того, щоб бар'єр був надійним і довговічним. Дерев'яний бар'єр мож-

на збудувати, розміщуючи дошки горизонтально. Їх можна з'єднати перед розміщенням в каналі. На жаль, встановити всю конструкцію одночасно неможливо або дуже важко, єдиний спосіб – це вкопати її.

Важливо, щоб вода не протікала і не просочувалась через бар'єр, тому ворота зроблені вертикально є зазвичай більш ефективними.

Окремі дерев'яні бар'єри, особливо ті, в яких висота незначно перевищує висоту потоку, з часом можуть деформуватися і викривлятися під тиском води. Тому варто їх зміцнювати (підпирати) з сторони водовідводу.

Важливим елементом спорудженням стінки є правильна форма переливу. Він завжди має розміщуватися в середині водотоку і має бути сформована таким чином, щоб під час великих повеней вода стікала тільки посередині, а не по боках бар'єру. В інших випадках ворота знесе висока швидкість водотоку.

Для уникнення ефекту вимивання й ерозії берегів і дна водотоку важливо пам'ятати про безпечні рівні дамб. Вони повинні бути не вищими, ніж 30-40 см. Для забезпечення додаткового захисту проти небажаних ефектів перегородження рекомендують зміцнювати прутами краї і дно водотоку зразу за водовідводом.



Приклади дерев'яних бар'єрів.

Торфові бар'єри. Найпростішою формою є заповнення торфом короткої секції (2-10м) каналу. Цей тип бар'єру може функціонувати на водотоках з низьким рівнем води, і торф має бути низької мінералізації. Секції каналу між бар'єрами з часом спонтанно заростають. Такі торф'яні бар'єри хоч і розповсюджені і дуже корисні в північних болотах, у Польщі зустрічаються рідко через недостатню стійкість до епізодичних підтоплень. Посушливі періоди влітку зараз є дуже частими в Польщі, але бувають дощові або дуже дощові періоди, зазвичай восени чи навесні.



Приклад торф'яного бар'єру.



Торф'яна дамба, посилена дерев'яними елементами.

Комбіновані деревно-торф'яні чи деревно-глиняні фіксовані бар'єри. Бар'єри зроблені з двох дерев'яних стінок, простір між ними заповнений торфом чи глиною, дуже стійкі і ефективні. Торф можуть просто насипати або закладати його в мішках. Дерев'яні частини при такому варіанті не потрібно особливо запечатувати. Водонепроникність бар'єру забезпечується наповненням (торфом/глиною).



Приклад деревно-глиняного бар'єру.

Фіксовані бар'єри, зроблені із штучних матеріалів. На доповнення до деревини, торфу і ґрунту, бар'єри можна збудувати, використовуючи різні типи пластику і листового металу. У них є перевага у тому, що вони набагато легші, дешевші, їх легше трансформувати. Інколи використовують прості ворота з фанери для блокування каналів. Ці невеликі споруди можуть допомогти зупинити відтік шляхом заповнення каналу місцевим ґрунтом. Ворота з одного шматка дошки запихають в землю. Бар'єр можна побудувати з пластикових листів, з яких можна зробити не тільки один бар'єр, який перекриватиме канал, а також довгі пластикові стіни. Ці досконаліші споруди, розроблені для гідравлічних інженерних споруд, доступні на національному ринку.

Пластикові бар'єри зазвичай дорожчі ніж дерев'яні, але різниця може зникнути після включення коштів на встановлення і може навіть зменшитись після включення в обрахунки ціни на утримання і обслуговування. Однак, не зважаючи на технічні переваги, цей метод не часто використовується в Польщі. Є тільки кілька прикладів використання таких бар'єрів у здійснених проєктах відновлення. Основною причиною є небажання застосовувати штучні, а особливо пластикові, елементи в природі.



Приклад пластикового бар'єру.

Створення дамби за допомогою існуючих гідротехнічних елементів. Кульверти під дорогами можна легко перетворити на маленькі запірні споруди. Спорудження шандорного загородження на випуску кульверта (жолоби в бетонних стінках, в яких розміщені дошки-шандори) дозволяє отримати дамбу з рівнем, який можна регулювати, і спорудження колодязя навколо випуску кульверта, наприклад із використанням бетонних кілець, створює і дамбу і систему випуску. Штучні пороги можна збудувати на основі існуючих мостів, які можуть служити як пороги, що стабілізують рівень води у болоті.

Перекриття кульвертів. Іншим рішенням для покращення водних умов у верхових болотах у випадку існування густої мережі дренажних каналів, які оточують болото може бути спорудження так званих «дроселюючих» кульвертів, а саме кульвертів з перехрестями, які природно зменшують відтік. Параметри кульвертів можна підлаштувати до місця, де вони будуть встановлені. Ширина каналу буде визначати те, чи використовуватимуть одну чи дві труби (бажано поліетилен високої щільності) із правильним діаметром. Спорудження кульвертів з використанням труб з порівняно малим діаметром, заглибленим у дерев'яну чи земляну дамбу, дозволить обмежити відтік води з болота, відповідно зменшуючи пропускну здатність каналу. Таке рішення є надзвичайно важливим, коли через канали неможливо дістатися поверхні оселища, яке має охоронний статус. Якщо необхідно, подальшого зменшення відтоку води можна досягнути, перегородивши кульверт дерев'яним корком чи мішком з піском. Це рішення привабливе на практиці через дуже прості процедурні правові моменти, пов'язані із будівництвом кульвертів.



Приклад загороджуючого кульверта (фото D. Horabik).

Регульовані ворота. Найбільш часте технічне рішення у Польщі, ефективне і стійке, але чужорідне для природи. Ворота складаються з бетонних стін з вирізаними напрямними, в які вставляють горизонтальні дошки. Іншим рішенням є встановлення підйомних металевих воріт; їх часто з'єднують кульвертами під захисним насипом. Подібні конструкції, встановлені на дренажах із ставків, називаються шахтними випусками. Для попередження зловмисної зміни рівня водотоку на конструкції мають встановлюватися замки. Подібні ворота із навісними шандорним запірним механізмом можуть бути зроблені з дерева, яке варто рекомендувати як більш природний матеріал.



Приклад регульованих воріт.

Регульовані переливи з гнучкою трубою. Це тип відведення води через дамбу популярний у Великій Британії, простий, дешевий і винахідливий, легкорегульований; в умовах Польщі недостатньо стійкий до зломів і зносу. Для цього потрібно закопати гнучку трубу до 25 см в діаметрі в насип і встановити висоту впускного і випускного отвору для визначення бажаного рівня води. Це хороший метод для використання в бобрових ставках, коли існує проблема з підтопленням сусідніх територій, хоча тоді впускний отвір труби має бути продовжений в ставок і відповідно захищений щоб бобри його не заблокували.

Заповнення цілого каналу. Часто найкращим рішенням буде заповнення цілого дренажного каналу болота. Для цього найчастіше використовують матеріал, викопаний недалеко від самого каналу. Під час відбору матеріалу треба прикласти зусилля для збереження цінних фрагментів поверхні болота і оселища цінних видів; однак в більшості випадків не варто боятися місцевого порушення рослинності, яка за умови достатнього зволоження відновлюється дуже швидко. Також можливо сформувати ставки – розширити одні канали і заповнити викопаною землею інші.

Заповнення цілих каналів часто є найбільш корисним рішенням для боліт, хоча інколи найбільш дорогий. В Польщі цей метод наразі не дуже часто використовують через високу ціну і частою проблемою – неможливістю знайти відповідний матеріал. Однак, в деяких випадках (особливо коли болото на схилі; коли треба відновити насичення торфу водою), це єдине ефективне рішення.



Приклад заповненого каналу в Литві.



Заповнений канал на луці біля Міхалуво (Michałow), результат проекту збереження птахів Польського товариства охорони птахів (РТОР).

Інколи варто обмежити дренажний ефект каналів до певного рівня, але без їх повного усунення. Цього можна досягнути зменшенням перехресть каналів, заповнюючи їх тільки частково. Прикладами можуть бути біологічні споруди, зроблені з в'язки прутів, встановлених на дні каналу, а потім заповнити їх до бажаної висоти, в свою чергу дозволяючи заповнення осадами і наносами, які приносить вода. Біологічні структури роблять з вербових гілок зв'язаних в'язками по 20 см в діаметрі, розташованих на всю ширину дна каналу.

Інші споруди. Існує велика кількість інших рішень, необхідних в особливих випадках. Інколи використовують довші насипи для блокування ширшого поверхневого водостоку. Деякі повторно обводнені торфовища потрібно гідрологічно ізолювати від навколишніх територій: тоді встановлюють герметичні дерев'яні і пластикові стіни. Канали і водотоки, які мусять перетинати торфовище, часом заплombовують герметичними мембранами, щоб попередити осушування торфовища. З іншого боку, деякі водотоки на сусідніх територіях потребують підняття рівня дна і рівня води, для того, щоб підняти рівень базису ерозії і дренажу прилеглих торфовищ: для цього на дні водотоку встановлюють гравійну призму. Для конкретних цілей можуть використовуватись складні гідротехнічні споруди, але це не є предметом вивчення цієї книги.

При виборі технічного рішення варто вибирати ті, які не потребуватимуть спеціального догляду і частого ремонту в майбутньому. Оптимальними будуть рішення, які не потребують обслуговування протягом 20-25 років. На жаль, навіть ідеально побудований бар'єр чи ворота вимагають, час від часу, перевірки. Тиск води, який часто недооцінюють, може спричинити їх поломку. Відносно часто сторони воріт вимиваються і формується обхідний дренаж. При плануванні дверей в сухий період, легко недооцінити силу потоку, яка формується після сильного дощу чи навесні. Бобри, які використовують нагоду підняти рівень навіть вище, теж можуть бути причиною поломки воріт. Протягом періоду «використання» цих перекриттів бобрами, немає потреби слідкувати за їх міцністю (на відміну від болота, яке може бути затоплене). Проблеми можуть виникнути, коли бобри залишають загату на воротах, які в таких випадках зазвичай зруйновані. Для вирішення всіх можливих ситуацій потрібні регулярні огляди територій відповідальним за цю територію.

Багато практичних рішень, а також підказок і порад щодо блокування каналів у на лісових торфовищах, дуже корисних в польських умовах, підсумовано в шведській брошурі Lindh (2022).

Більше детальної інформації про технічні рішення, які застосовують в Польщі для нейтралізації негативного впливу дренажних систем, можна знайти в інших публікаціях: Pawlaczyk et al. 2002, Kujawa-Pawlaczyk & Pawlaczyk 2005, Pawlaczyk et al. 2005, Herbichowa et al. 2007, Makles et al. 2014, Центр координації проєктів збереження навколишнього середовища 2016.

Як частина проєктів із обводнення торфовищ, на додачу до заходів із управління водними ресурсами, інколи вживають заходів управління ґрунтами і рослинністю. Якщо осушене торфовище заросло деревами, вирубування дерев може зменшити сумарне випаровування і врятувати залишки типової болотної рослинності. З іншого боку, внаслідок вирубки дерев більша площа торфовища піддається впливу сонячних променів, сприяючи його висиханню. Однак таке вирубування широко застосовується в польських проєктах.

В багатьох випадках рослинність торфовища викошують чи випасають худобу. Це роблять через причини біорізноманіття, як захід із підтримки відповідних оселищ. Варто зауважити, що інколи повторне обводнення торфовища вступає в конфлікт з можливістю викошування.

На дуже осушених болотах інколи видаляють верхній шар ґрунту і відкривають здоровий вологий торф як поверхню для повторного розвитку рослинності. Такі заходи можуть бути ефективними, але через високу ціну і недостатній досвід застосування, досі не поширені в польських проєктах повторного обводнення.

На деяких болотах були здійснені спроби повторного впровадження торфоформуючої рослинності (штучне введення сфагнуму) з багатообіцяючими результатами. Однак такі заходи все ще рідкісні в Польщі і носять експериментальний характер.



Вирубування лісів для порятунку залишків початкової рослинності торфовища як частина проєктів повторного обводнення.

Досвід Ісландії

Ісландія – це гірська країна з коротким періодом вегетації, частими циклами замерзання і розмерзання протягом зими і потужними ерозійними процесами. Тому наповнення каналів має бути дуже докладним і часто загороджуватися. Протягом процесу дуже важливо мінімізувати площу поверхні, яка залишається непокритою, бо заростання може зайняти багато часу.

В Ісландії повторне обводнення майже завжди відбувається на землях, які не оброблялись, і досі є відвали. Найчастішою практикою є використання ґрунту з цієї території для заповнення чи перекриття каналів, або комбінація обох методів. Важливо регулярно утрамбовувати як матеріал для засипання так і дамби, не тільки коли заповнення завершено. Якщо спорудження дамби і заповнення виконані правильно і у відповідності із характеристиками території, то практично непотрібні підтримуючі заходи – це дуже зручно, оскільки повторно обводнювані території часто знаходяться у віддалених місцевостях.

Основною метою відновлення торфовищ є підвищення рівня води шляхом зупинки відтоку води із повторно обводненої території через штучні канали, забезпечуючи рівномірне розподілення води по території і заповнюючи весь профіль торфу. Важливо, щоб поверхневий розподіл води відбувався природно, а саме в старих річищах, і щоб відтік води зупиняли біля меж заповнених каналів для попередження водної ерозії і подальшого руйнування дамб і для наповнення каналів. Надзвичайно важливо докладно вивчити територію до початку реалізації проєкту і працювати з повагою і врахуванням умов території.

Наповнення: протягом заповнення каналів важливо пам'ятати про кілька важливих принципів:

- Видаліть і збережіть всю рослинність з каналу і його відкосів і використовуйте її для накриття наповнення і, якщо можливо іншого відкритого ґрунту:
 - Наповнення буде стабільнішим якщо ґрунт викладати на ґрунт.
 - Рослинність на поверхні запобігає ерозії.
 - Дерен і рослинність можна використати як бар'єр для спрямування води в правильному напрямку, а саме у бік від колишнього каналу і для сповільнення поверхневого стоку.
 - Деякі види рослин вологих лук можуть вижити тільки у вологих умовах в каналах з часу осушення. Тому важливо не затовлювати їх, щоб не перешкоджати їх подальшому розростанню і колонізації на відновленій території.

Через розкладання матеріалу берегів каналу і ерозії каналів, яка відбувається з часом, об'єм каналу є більшим ніж об'єм насипу. Рішення, яке показало хороші результати – поперемінно наповнювати канали то надмірно, то частково з інтервалом 2-5 м, залежно від схилу. Частина, яка наповнена надмірно зупиняє поверхневий відтік через колишній канал, і частково заповнена секція слугує як мілкий ставок. Результатом є мозаїка мікроселищ із змінним підвищенням землі і відкритою водою між ними.

Спорудження гребель: Коли нема відкосів, або вони дуже малі, перекривання каналів землею/торфом є найбільш розповсюдженим методом. Матеріал виймають неподалік каналу, роблячи невеликі заглиблення чи ставки. Як альтернативу можна використовувати матеріал із боків каналу, роблячи канал менш крутим, і форма ставка, який виникне буде більш органічною. Коли греблю споруджено, подібні принципи застосовуються до наповнення каналів, наприклад стосовно збереження рослинності та інтервалів, які визначаються крутизоною схилів, між бар'єрами.



Комбіновані методи відновлення в Sogn.

В Ісландії дуже обмежені проєкти з повторного обводнення, в яких використовують не місцеві матеріали. Спорудження гребель з контрольованою висотою випробовували з хорошими результатами в тих місцях, де є потреба вручну регулювати рівень води.

4.2. Моніторинг і адаптивне управління

Досвід Польщі

Моніторинг змін, особливо змін водних умов і рослинності, є необхідною частиною кожного проєкту повторного обводнення. Однак, зазвичай важко його організувати через найбільш типові схеми фінансування, які надають кошти тільки на виконання проєктів. Немає фінансових ресурсів для довгострокового фінансування чи моніторингу, тому бенефіціарій має сам знайти кошти, які зазвичай обмежені, для фінансування такої діяльності. А моніторинг потребує значних інвестицій людських і фінансових ресурсів. Без цього неможлива оцінка результатів повторного обводнення і неможливе ефективне навчання на прикладі проєкту.

Можна рекомендувати звичну схему моніторингу ДПКВ (BACI) – «до-після, контроль-вплив» (Before-After, Control-Impact). Часто можна використати тільки частину «до-після» тому що у випадку проєктів з повторного обводнення жодна частина території не може залишитися необводненою як контрольна ділянка.

Добре визначений базовий рівень є передумовою доброго моніторингу. Результат початкового огляду торфовища (дивіться вище) може в деяких випадках слугувати як базовий рівень моніторингу – але тільки якщо методологія початкового огляду була відповідно проведена (наприклад, ділянки для огляду розташовані в правильних місцях). Встановлення базового рівня води вимагає не тільки одноразового вимірювання рівня води, а вимірювання рівня води в динаміці. Один гідрологічний рік (листопад-листопад) є мінімальним періодом, кращим варіантом є кількарічні дослідження, оскільки водні умови змінюються від року до року.

Дуже важливою і необхідною частиною моніторингу є регулярне відвідування ділянки. Найкраще, якщо ділянку постійно оглядає особа чи група осіб, явно пов'язаних з ділянкою, залучених до її збереження, які відчувають відповідальність за неї. Коли такі візуальні перевірки проводяться експертами з досвідом щодо конкретної ділянки, то вони можуть надати багато цінної інформації. Можна зареєструвати найбільш важливі зміни.

Багаторазове фотографування ділянки також дуже допомагає. Важливо робити фотографії з тих самих точок, у тих самих напрямках з тими ж параметрами фото. Повітряні фото є прекрасним джерелом інформації. В Польщі як стандартне джерело використовуються державні ортофотомапи (які поновлюються державними службами щороку). За минулі роки стали частіше використовувати зйомки з БПЛА.

Однак такі загальні обстеження зазвичай доповнюються польовим моніторингом ключових екологічних факторів.

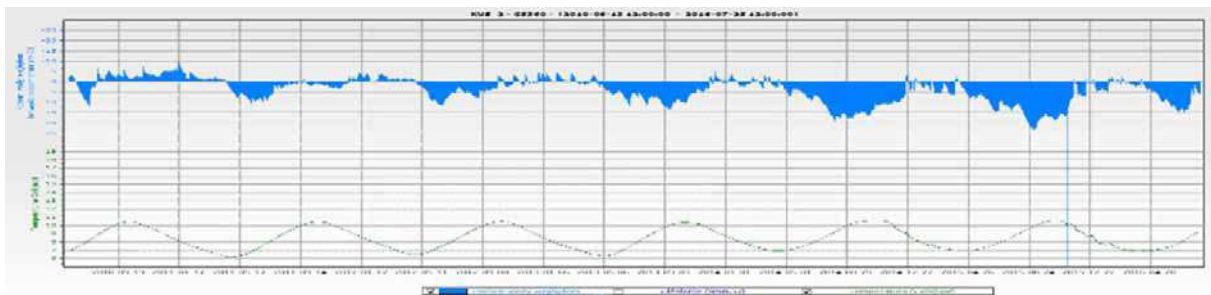
Основним екологічним фактором, який має контролюватися в проєкті з повторного обводнення, є рівень води. Найбільш вживаними техніками моніторингу є наступні:

Мапа водних умов – це мапа ділянки, створена в результаті візуальної оцінки без спеціального обладнання. Для деяких водно-болотних угідь, особливо для більш комплексних, в яких є невеликі водні об'єкти і залишки відкритих каналів, може бути корисним засобом моніторингу. Рівень води в кожному водному об'єкті повинен записуватись відносно краю каналу/ставка. Особливо варто зауважити присутність/відсутність води в каналі. Для кожної греблі потрібно зареєструвати рівні води вгору і вниз за течією. На мапу треба наносити ділянки «сухо – можна ходити в звичайному взутті», «мокро – потрібні гумові чоботи» і «затоплено». Якщо таку мапу готувати щоквартально, протягом кількох років з різними опадами, надають дуже корисну інформацію про водні умови.

Вимірювання рівня води в спостережних колодязях є базовим і найчастіше вживаним засобом моніторингу. Колодязі мають бути відповідно розподілені по ділянці, бо водна динаміка у різних частинах ділянки, зазвичай, різна. Рівень води зазвичай записують вручну або автоматично. Важливо зберегти дані про динаміку рівня води в річному циклі, а не тільки окремі вимірювання. Якщо використовують ручні записи, то потрібно забезпечити належну частоту (як мінімум раз на місяць). Якщо використовують автоматичний відбір даних, можливий щодня, можна використовувати навіть частіший відбір даних для аналізу певних аспектів (як щогодинні дані щодо впливу сумарного випаровування).

Варто зазначити, що оцінка результатів проєкту вимагає кількох років моніторингу води перед впровадженням проєкту з повторного обводнення. В Польщі водні умови значно відрізняються від року до року, моніторингу протягом року недостатньо для їх точного опису. Використання даних коротших періодів (кілька місяців чи навіть одноразові дані) ненадійні. Найчастішою помилкою є організація моніторингу водних умов тільки короткий період (кілька місяців, один рік) перед впровадженням заходів із повторного обводнення. Такий підхід є зрозумілим в реальних умовах в Польщі, але дуже зменшує ефективність моніторингу.

На певних типах боліт, наприклад на лужних низинних болотах, корисним може бути моніторинг не тільки самого рівня води, але і його характеристик, а саме хімічних і фізико-хімічних. Тільки з цією інформацією можливо інтерпретувати гідрологію та екологію низинних боліт, які постачаються ґрунтовими водами, знаходячи напрямок цього постачання. Вони можуть попередити про зміни, які загрожують низинному болоту. Для таких характеристик, зазвичай, достатньо перевіряти їх через довші інтервали, наприклад раз у рік. Залежно від потреб і особливих рис конкретної ділянки, місцевий моніторинг повинен спрямовуватися в напрямку запису вибраних фізико-хімічних параметрів води на вибраних пунктах у вихідних водотоках і спостережних колодязях.



Моніторинг рівня води є необхідним елементом знання про конкретне торфовище. Тільки дані, отримані за довгий період, дозволяють побачити закономірності і динаміку змін.

Паралельно з моніторингом рівня води часто застосовують **моніторинг рослинності**. Рослинність зазвичай добре реагує на інші екологічні умови, тому її завжди використовують як спосіб описувати екогідрологічні характеристики. Зазвичай використовують постійні ділянки. Для швидкого і ефективного визначення змін рослинності необхідно повторювати опис рослинності на тій же ділянці. Єдиним способом досягнути такої повторюваності є постійне позначення кутів ділянки в полі, або, як мінімум, позначити пункт спостереження. Це можна зробити, встановивши стовпці з підземними металевими маркерами із заміряними відстанями відповідно до характеристик ділянки. Неможливо позначити ділянку для спостереження за допомогою координат GPS, звісно таку точність неможливо забезпечити пристроєм GPS туристичного рівня (він має похибку 2-6м, і ця похибка подвоюється коли мова йде про точність координат повторної локації з попередньо виміряними координатами). Навіть використання більш точних і дорожчих технологій GNSS, EGNOS, RTK є недостатньо задовільними. Хоча ці технології можуть досягнути точності у вимірюванні – в реальному часі і поза зоною дії мобільної мережі важко досягнути точності у повторному знаходженні точки з встановленими координатами. Хоча шкала Брауна-Бланке, яка використовується для фітосоціологічних досліджень добре підходить для описування і порівняння рослинності, все одно певна частина інформації втрачається, коли ця шкала використовується для вивчення змін у рослинності на певних поверхнях. На ступенях 1 і 2 шкали до 5 змін у видах (чітко видимі спостерігачу) можуть не заноситися до зміни. Якщо рослинність використовується як показник оцінки кліматичних змін (а саме метод GEST про який йдеться нижче), методологія моніторингу рослинності має включати змінні, які використовуються в методології оцінки.

Деякі методологічні проблеми і поради для організації моніторингу води і рослинності торфовища викладено в публікації Pawlaczyk & Kujawa -Pawlaczyk 2017.



Моніторинг рослинності.

В польщі розроблено національні стандарти моніторингу природних оселищ. Методології зібрані на [офіційному вебсайті моніторингу оселищ](#). Вони включають елементи моніторингу води і рослинності. Методології було розроблено для моніторингу на державному рівні і вони не дуже придатні для ефективного моніторингу конкретних ділянок. Не зважаючи на це, після певних вдосконалень (додавання реєстрації даних рівня води, виправлення опису ділянок рослинності) вони можуть використовуватись для моніторингу повторно обводнених торфовищ, які є природними оселищами. На додачу є можливість порівняння результатів з оцінкою оселищ в інших місцях в Польщі.

У багатьох випадках може бути корисним моніторинг певних видів чи груп видів. А саме птахи і тварини зазвичай швидко реагують на покращення оселищ. У випадку створення відкритих водних поверхонь можна очікувати вплив на земноводних і бабок. Методологія моніторингу тварин на повторно обводнених болотних угіддях зазвичай така ж, як і для інших оселищ; її можна знайти у відповідних посібниках.

Найкращим рішенням є моніторинг ділянки як частина його регулярних оглядів і реагування на результати шляхом коригування заходів із збереження/повторного обводнення. Наприклад, лінійні витоки води із торфовищ можуть бути видимими тільки тимчасово, тому їх завжди треба блокувати при знаходженні. Однак такий підхід вимагає постійно доступного фінансування, а таке рідко трапляється на практиці. Інколи відповідне управління досягається через здійснення послідовних проєктів із зовнішнім фінансуванням із різних джерел. Найчастіше потрібні 2-3 проєкти для роботи з одним торфовищем протягом 10-12 років для досягнення найкращого рівня повторного обводнення.

Досвід Ісландії

Як і в Польщі, моніторинг успіху проєктів відновлення в Ісландії є часто складним. Фінансування моніторингу важче знайти, ніж фінансування відновлення, але брак фахівців і віддаленість ділянок також не сприяють вирішенню цього питання. Тому ісландські проєкти відновлення страждають від браку моніторингу і відповідного управління. Виконання вважається єдиною частиною проєктів відновлення і моніторинг практично не здійснюється. В основному моніторинг складається з неофіційних перевірок і полягає в перевірці гребель чи заповнення каналів, а також рівня води як вручну спеціалістами так і, коли це можливо, дайверами. За минулі роки зросло використання знімків з дронів не тільки під час фази планування, але також для моніторингу загальних змін на відновлених ділянках.

Наразі робляться спроби для покращення процедур моніторингу відповідно до стандартів SER для спостереження за якістю виконання, тривалістю і впливу на екосистему (Gann et al, 2019). У підсумку, брак кваліфікованих працівників і розуміння важливості встановлення порогових значень, моніторингу і адаптивного управління створили бар'єри для успішного повторного обводнення заради збереження клімату і переваг біорізноманіття, а також для отримання глибшого розуміння проблеми.

5. Звітування і презентація

5.1. Успіх потребує показників

Зазвичай, для створення ефективного спілкування з населенням або для звітування перед спонсорами, потрібно надати комплексні і вимірювані результати, а саме надати інформацію про успіх повторного обводнення у показниках, які можливо виміряти. Зазвичай, використовуються показники, пов'язані з аспектами утримання води, статусом збереження оселищ видів чи кліматичного впливу.

5.2. Утримання води

Підвищення рівня води в каналі є видимою змінною, як різниця рівня води вище і нижче за течією кожної з гребель. **Період часу, за який канал заповнюється водою**, легко зафіксувати гідрологічним картографуванням.

Підвищення рівня води у торфі є, начебто, простим показником, але складновимірюваним для реального виконання. Хоча легко отримати певні дані (різницю між рівнями води у вибраному місці в певний час до і після повторного обводнення), інтерпретувати їх не так легко. По-перше, окрема точка або навіть кілька точок не обов'язково відображають стан усього торфовища. Динаміка рівня води в центрі болота зазвичай є іншою, ніж на його краях. Рівень води в каналі не відповідає рівню води в торфі. Рівень води не є стабільним, це радше динамічні зміни, як протягом одного року так і протягом сухих/дощових років. Тому такі окремі дані є не дуже інформативними до надання великої кількості методологічних деталей, які пояснять як їх було обраховано. Найбільш надійним показником є «середня зміна рівня води», розрахована для вибраної ділянки шляхом моделювання водної поверхні в торфі для ситуацій до і після повторного обводнення.

Об'єм утримання води можна розрахувати шляхом вимірювання її рівня або шляхом приблизної оцінки, моделюванням водної поверхні в торфі і розрахунками впродовж року.

5.3. Показники біорізноманіття

Ділянки відновлених оселищ як показник найчастіше цікавить спонсорів, але цей момент треба чітко пояснити – які ознаки будуть свідчити про те, що ділянка «відновлена».

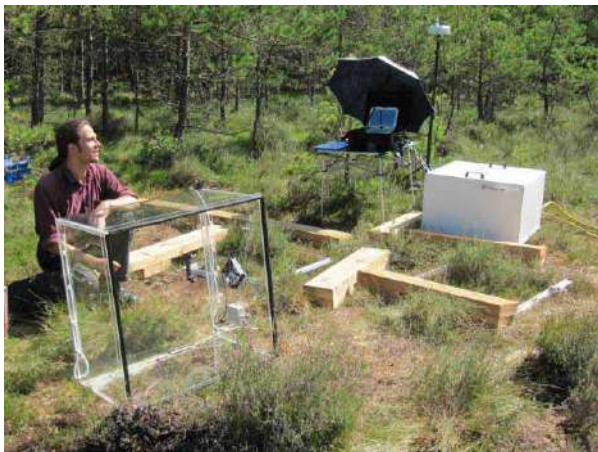
Покращення статусу збереження (чи ділянки оселища з покращенням статусу збереження), зазвичай, базується на схвалених методологіях оцінки статусу збереження (дивись вище).

Показники флори і фауни можуть бути специфічними для кожної ділянки показниками, які ґрунтуються на вибраних видах. Можуть використовуватись різні змінні, такі як чисельність чи густота популяції, чи більш технологічні показники умов популяції.

5.4. Показники позитивних кліматичних змін

Об'єм збереженого торфовища є базовим, і, в багатьох випадках, є найбільш надійним показником, який базується на розрахунку об'єму торфу у водних умовах до і після повторного обводнення. Наприклад, можна розрахувати річний максимум літнього висихання води в торфі до і після повторного обводнення і об'єм торфу між ними можна інтерпретувати як «торф, збережений завдяки повторному обводненню». Така інтерпретація ґрунтується на досить реалістичному припущенні що торф, який хоча б тимчасово знаходиться вище поверхні води, розкладеться раніше чи пізніше, тому збільшення постійно затопленої зони збереже торф і у цій зоні.

Покращення співвідношення парникових газів є дуже корисним показником, але потребує дуже професійних і дорогих польових досліджень викидів парникових газів. Використовуються мікрометеорологічний метод і камерний метод. Обидва методи потребують використання специфічних інструментів для вимірювання концентрації газу. Камерний метод ґрунтується на реєстрації змін в концентрації газу в камерах, встановлених на поверхні торфовища; таким чином забезпечуючи тільки точкові результати (газообмін точно в точці вимірювання). Мікрометеорологічний метод ґрунтується на співвідношенні між рухом повітря і концентрацією газу, надаючи дані усереднені для більшої частини поверхні торфовища, однак потребує встановлення важкого обладнання на торфовищі.



Камерні вимірювання парникових газів (Словінський національний парк, Польща, проєкт PeatRestore).



Метеорологічні вимірювання парникових газів (болото Кусово Kusowo, Польща).

Підхід GEST ґрунтується на припущенні, що подібна болотна рослинність має подібні фактори викидів. Тому рослинність використовується як непрямий показник викидів. Рослинність (та деяку додаткову інформацію, як от вологість оселища) потрібно нанести на мапу як попередньо визначені «одиниці GEST». На основі одиниць GEST території і відповідних факторів викидів з літератури, можна розрахувати загальний об'єм викидів. Цей метод можна використовувати тільки для великих ділянок з диференційованою рослинністю, де можна картографувати як мінімум 30-40 одиниць. Більше деталей із застосування методу описані в Jarašius et al (2022).

Підхід факторів Конвенції із захисту рослин є подібним до GEST, але дуже спрощеним. Використання земель з грубою оцінкою водних умов (дуже волого, волого, сухо) використовується як характеристика, а фактори викидів викладені в рекомендаціях до конвенції. Цей метод був розроблений для звітування про викиди парникових газів на національному рівні; результати, отримані з одного торфовища, є нереалістичними.

Додаток: приклади повторного обводнення торфовищ у Польщі та Ісландії

Збереження оселищ болотних птахів Товариством охорони птахів (ОТОР), Польща. В кінці XX століття, було здійснено перекриття греблею витоку води Товариством охорони птахів на низинних болотах Хелму. Діяльність було недавно відновлено і поширено на інші території як частина проєкту відновлення очеретянки. Рівень води підняли до рівня оптимального для птахів але там продовжують викошувати траву.

Спроба повторного обводнення болота Цаловане (Bagno Całowanie) у Польщі: низинне болото Цаловане, одне з найбільших низинних боліт в центральній Польщі (приблизно 30км²), було сильно осушене мережею каналів з 1950 року. У 90-х роках почалось нелегальне добування торфу в центральній частині болота, значно посилюючи відтік ґрунтових вод через зв'язок ділянки, де видобували торф, з основним дренажним каналом. Діяльність здійснювалась під приводом побудови рибних ставків і тривала до 2007 року. На початку XXI століття канали були частково перекриті дерев'яними бар'єрами як частина проєкту, який фінансувався Глобальним Фондом Навколишнього Середовища, і здійснювався Центром із збереження водно-болотних угідь – неурядовою організацією, яка фінансується любителями боліт. Це була, напевно, одна з найперших спроб із повторного обводнення у Польщі. Були проведені експерименти із управління рослинністю і ґрунтами (викосовування; видалення верхнього шару ґрунту), які здійснювались як частина проєкту LIFE «Збереження і покращення оселищ рідкісних метеликів вологих напівприродних лук». Однак повторне обводнення було тільки частково успішним через паралельний тиск певних груп, які підтримували відновлення і підтримку каналів для осушення і побудови злітного майданчика і поля для гольфу, а також через руйнування бар'єрів фермерами для «покращення водних умов долини». Не зважаючи на статус Natura 2000, стан ділянки продовжує погіршуватись; низинні лужні болота майже зникли. Обговорюються нові плани з повторного обводнення хоча б центральної частини болота (з підтримкою периферійних частин осушених за бажанням фермерів).

Збереження балтійських боліт в Польщі. Були обстежені залишки «Балтійських верхових боліт» на півночі Польщі Клубом натуралістів Польщі, природоохоронною неурядовою організацією, як частина кількох природоохоронних проєктів в 2003-2015 роках, що фінансувались проєктом LIFE і з фондів ЄС. На деяких болотах заходи із збереження здійснюються іншими організаціями (державними природоохоронними органами). Проєкт стосується близько сорока ділянок, а саме відомих національних боліт. Для повторного обводнення боліт було збудовано кілька тисяч малих гребель на дренажних каналах. Повторне обводнення було частково успішним, особливо на болотах, які не були початково сильно осушені. Однак сильно осушені болота залишаються сухими навіть після блокування всіх каналів. Проєкт стосувався тільки державних боліт під керівництвом Державної лісової служби і забезпечив широкий досвід у використанні різноманітних технік повторного обводнення, моніторингу, і вирішенні адміністративних і логістичних питань, які не потребували узгодження із усіма зацікавленими особами. Результати першої частини проєкту було підсумовано Herbichowa et al (2007). Більше [на сайті](#).



Блокування каналів у балтійському проєкті збереження боліт.

Збереження низинних лузних боліт в Польщі. Клуб натуралістів Польщі за фінансування LIFE здійснив відновлення лузних низинних боліт (оселище 7230 Natura 2000) у всій Польщі. Було збудовано кілька сотень різноманітних гребель для повторного обводнення осушених боліт; а саме використовували технології «близькі до природи» – наприклад, висадка осоки. Ці проєкти стосувалися боліт із складною гідрологією і стосунками із зацікавленими особами, таким чином створюючи прекрасні приклади такої діяльності. Більше інформації Stańko et al (2018) і [на сайті](#).

Збереження боліт в північно-східній Польщі. Кілька проєктів із повторного обводнення впроваджені в північно-східній Польщі Польським товариством збереження природи (раніше – товариство із збереження птахів північного Підляшшя); вони фінансуються з різних джерел з 1990 року. Було споруджено приблизно дві тисячі різних гребель на дренажних каналах і заповнено кілька кілометрів каналів для повторного обводнення різних торфовищ: від осушених верхових боліт до долин на низинних болотах; особливо в долині Нарев (Narew), басейні Гродек-Міхалуво (Gródek-Michałowo), в лісі Книшин (Knyszyn), в лісі Бяловежа (Białowieża); у верхових болотах Гонзва (Gązwa), Солтисек (Sołtysek), Зельони Мехач (Zielony Mechacz). Через те, що ділянки перебувають у різній формі власності (один власник, кооперативні власники, мозаїка фермерів із суперечливими інтересами), намагаються застосувати різноманітні підходи. Для блокування використовували дерев'яні і бетонні бар'єри. Впровадили вражаючий проєкт з відновлення вигинів річки Наревка в Бяловежі: як результат відтворення вигинів ріки через низинне болото у долині річки, саме болото значно обводнилось.



Відновлена річка Наревка (Narewka) в Бяловежі (Białowieża) (Edyta Karowicz). Відтворення вигинів ріки супроводжувалось значним повторним обводненням болота у її долині.

Мале утримання води державними лісництвами (Польща). Було здійснено два великі проєкти, профінансовані ЄС у більшості лісових районів Польщі, в основному шляхом відновлення лісових ставків. Не зважаючи на це, також були включено обводнення лісових торфовищ. Було збудовано тисячі гребель для перекриття каналів. Хоча більшість їх була створена для відновлення лісових ставків, значна частина також включала відновлення торфовищ. А саме в лісовому районі Стжалово в озерному краї Мазури багато торфовищ було повторно обводнено шляхом заповнення каналів або встановленням гребель (Ryś 2011).

«В гармонії з природою – LIFE для Яновських лісів» (Польща). Проєкти здійснені в 2015-2019 роках природохоронними органами влади у Любліні, щодо комплексного збереження Яновського лісу – об'єкту Natura 2000, включаючи значне повторне обводнення лісових боліт шляхом блокування дренажних каналів. Було збудовано 33 греблі. Більше [на сайті](#).

Збереження низинних боліт Бєбжа в Національному парку Бєбжа (Польща). Проєкт LIFE здійснено Національним парком Бєбжа в 2013-2019 роках. Як попередні дії було проведено глибоке дослідження, включаючи дистанційне зондування. Спорудили 15 конструкцій для підняття рівня води, цим частково відновили всю гідрологічну систему. Під тиском зацікавлених осіб, проєкт включили в сільськогосподарський ландшафт. Більше [на сайті](#).

Повторне обводнення торфовищ Національного парку Кампінос (Польща). Національним парком здійснено два проєкти LIFE, спрямовані на повторне обводнення на рівні ландшафтів. У 2013-2020 роках для утримання води на вологих луках було збудовано 44 водні споруди. Проєкт продовжує з більшим акцентом на покращених методах регулювання рівня води в дренажних каналах. Більше [на сайті](#).

Проект відновленн торфовищ для верхових боліт Словінського національного парку. Клуб натуралістів (природоохоронна НУО) здійснив спробу повторного обводнення осушених і заліснених верхових боліт в 2015-2011 роках як частину міжнародного проєкту LIFE, основою якого стали кліматичні причини. Це був перший проєкт, зосереджений на подоланні кліматичних змін. Було споруджено більше 300 гребель для блокування каналів. Вирубано дерева, які не давали рости іншій торфоформуючій рослинності. Але, через сухі періоди, більшість каналів залишаються сухими. Кращих результатів очікують тільки після дощових років, яких все ще чекають. Більше див. у Pawlaczyk (2022) і [на сайті](#).



Блокування каналів в проєкті PeatRestore в Польщі.

Болото Візна (Польща). Велике сильно осушене болото в північно-східній Польщі, яке використовується фермерами як луки; торф поступово розкладається. Однак ділянка все ще має цінні оселища для водно-болотних птахів і визначена як охоронювана територія: територія Natura 2000. Через те, що на деяких територіях припинили ведення сільсько-господарської діяльності і підтримування каналів в робочому стані, нещодавно відбулось спонтанне зворотнє обводнення, після чого покращився стан оселищ птахів. Спроби фермерів відновити дренажні канали заборонили природоохоронні органи влади – це

спричинило протести фермерів. Було проведено гідрологічну експертизу, запропоновано компроміс між збереженням торфовища та інтересами фермерів: зонування ділянки і часткове повторне обводнення низинного болота шляхом спорудження гребель на деяких каналах (для зупинки розкладу торфу), але загалом дозволяючи підтримання каналів у робочому стані. Навіть такі компроміси фермери зазвичай відхиляють. Але здійснення звичайної фермерської діяльності призведе до поступової деградації і в кінці до того, що навіть фермерську діяльність буде неможливо здійснювати. Майбутнє цієї території залишається невизначеним.

Ватнсмірі (Vatnsmýri) – Ісландія у Рейк'явіку: Ватнсмірі – це торфовище в центрі столиці, яке постачає воду до відомого ставка Рейк'явіку. Територія дуже знищена через десятиліття осушування. В 2009 році місто Рейк'явік і Нордік хаус (The Nordic House – центр культурного співробітництва) спільно почали працювати над покращенням оселищ птахів і рослинності водно-болотних угідь, зменшення забруднення води і покращенням водотоку в каналах. Діяльність включала усунення будівельного сміття і забрудників з території, вилучення інвазивних видів і ландшафтне планування. Встановили адаптивну греблю для контролю відтоку води з ділянки до озера Тьйорнін.

Фраменг'яр (Framengjar – Ісландія) поблизу Міватн (Mývatn). Широка і родюча намивна долина утворена відкладеннями з ріки Крака (Kráka). Частина міжнародно значущої території птахів (Міватн і околиці) і одне з десяти рамсарських угідь Ісландії. Динамічна територія з ставками, струмками і різноманітною буйною рослинністю. Історично річку Крака перегородили греблею для зрошування і відкладення осаду. Ця територія була дуже важливою для випасання і заготівлі сіна, через гарантований урожай, навіть якщо умови роботи були складними. В 1950-х викопали 20 км каналів для осушення частини Фраменг'яр, щоб уможливити прохідність машин на ньому. Осушення не було до кінця успішним і заготівля сіна припинилась в 1970-х. В цей час частину території відновили місцеві фермери. В 2003 році НУО SUNN і Служба доріг Ісландії продовжили відновлення з метою відновлення колишніх оселищ і гідрології. Також залучили Службу захисту тварин, оскільки канали становили небезпеку для худоби (Aradóttir & Halldórsen 2011).

Бібліографія

- Andrason F. R. 2022. Áskoranir og tækifæri í endurheimt votlendis á Íslandi. Soil Conservation Service of Iceland. Gunnarsholt, Iceland.
- Aradóttir Á. L. & Halldórsson G. (ed). 2011. Vistheimt á Íslandi. Agricultural University of Iceland & Soil Conservation Service of Iceland.
- Campbel-Palmer R., Gow D., Schwab G., Halley D., Gurnell J., Girling S., Lisle S., Campbel R., Dickinson H., Jones S. 2016. The Eurasian Beaver Handbook: Ecology and Management of Castor fiber. Pelagic Publishing Ltd., Exeter: 202.
- Centrum Koordynacji Projektów Środowiskowych 2016. Wytyczne do realizacji zadań i obiektów małej retencji i przeciwdziałania erozji. Załącznik do Decyzji nr 552 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 25.11.2016 r. (Center for Environmental Projects Coordination 2016. Guidelines on realisation of actions and facilities of small retention and erosion counteraction. Annex to the General Director of SFH no 552 of 25.11.2016).
- Czech A. 1999. Bóbr. Gryzący problem. Towarzystwo na rzecz Ziemi. Access on 15.06.2018. [<http://www.tnz.most.org.pl/dokumenty/publ/inne/gryz.htm>].
- Czech A. 2005. Analiza dotychczasowych rodzajów i rozmiaru szkód wyrządzanych przez bobry oraz stosowanie metod rozwiązywania sytuacji konfliktowych. Instytut Ochrony przyrody PAN, Kraków. Access on 05.01.2018 [<http://www.kp.org.pl/poradniki>].
- European Environment Agency 2021. [EUNIS terrestrial habitat classification review \(tabular\) – version 1, Nov. 2021](#).
- Gann G. D., McDonald T., Walder B., Aronson J., Nelson C. R., Jonson J., Hallett J. G., Eisenberg C., Guariguata M. R., Liu J., Hua F., Echeverria C., Gonzales, E. K., Shaw N., Decler K., Dixon K. W. 2019. International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. Restoration Ecology S1-S46.
- Grootjans A. P., Adema E. B., Bleuten W., Joosten H., Madaras M., Janáková M. 2006. Hydrological landscape settings of base-rich fen mires and fen meadows: an overview. Appl. Veg. Sci. 9: 175-184.
- Grootjans A. P., Bulte M., Wołejko L., Pakalne M., Dullo B., Eck M.C. Fritz 015a. Prospects of damaged calcareous spring systems in temperate Europe: Can we restore travertine-marl deposition? Folia Geobot. 50: 1-11.
- Gunnarsson T. G. 2020. Búsvæði og vernd íslenskra vaðfugla. Tímarit Hins íslenska náttúrufræðifélags, 90(2–3): 145–162.
- Günther A., Barthelmes A., Huth V., Joosten H., Jurasinski G., Koebsch F., Couwenberg J. 2020. Prompt rewetting of drained peatlands reduces climate warming despite methane emissions. Nature Communications 11, 1644
- Herbichowa M., Pawlaczyk P., Stańko R. 2007. Ochrona wysokich torfowisk bałtyckich na Pomorzu. Doświadczenia i rezultaty projektu LIFE04NAT/ PL/000208 PLBALTBO GS. Klub Przyrodników, Świebodzin. Access on 8.06.2018 [<http://www.kp.org.pl/pdf/ear.pdf>].
- Icelandic Institute of Natural History. 2018. Breeding birds. Official website of the Icelandic Institute of Natural History. Accessed on 13.12.23: <https://www.ni.is/en/fauna/birds/breeding-birds>.
- International Wader Study Group. 2003. Waders are Declining Worldwide. Paper presented at the Conclusions from the 2003 International Wader Study Group Conference, Cádiz, Spain. Wader Study Group Bulletin, 101/102: 8-12.

- Jabłońska E., Kotowski W., Giergiczny M. 2021. Projekt Strategii Ochrony Mokradeł w Polsce na lata 2022-2032. Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska.
- Janiszewski P., Hanzal V., Misiukiewicz W. 2014. The european beaver (*Castor fiber*) as a key-stone species – a literature review. *Balt. For.* 20, 2: 277-286.
- Jarašius L., Etzold J., Truus L., Purre A-H., Pakalne M., Sendžikaite J., Zableckis N., Kirschey T., Bociąg K., Strazdiņa L., Ilomets M., Herrmann A., Pajula R., Pawlaczyk P., Chlost I., Cieśliński R., Gos K., Libauers K., Jurema L. 2022. Handbook for assessment of greenhouse gas emission from peatlands. Applications of direct and indirect methods by LIFE Peat Restore. Lithuanian Fund for Nature, Nature and Biodiversity Conservation Union, Vilnius.
- Joosten H., Sirin A., Couwenberg J., Laine J., Smith, P. (2016). The role of peatlands in climate regulation. In: Bonn A., Allott T., Evans M., Joosten H., Stoneman R. (red.). *Peatland restoration and ecosystem services: science, policy and practice*. Cambridge University Press/British Ecological Society, Cambridge: 63-76.
- Kotowski W. 2021. Oszacowanie emisji gazów cieplarnianych z użytkowania gleb organicznych w Polsce oraz potencjału ich redukcji. Fundacja WWF Polska.
- Kotowski W., Dembek W., Pawlikowski P. 2017. Poland. In: Joosten H., Tannenberg F., Moen A. (eds). *Mires and peatlands of Europe. Status, distribution and conservation*. Schweizerbart Sci. Publ., Stuttgart: 549-571..
- Książkiewicz Z. 2010. Higrofilne gatunki poczwarówek północno-zachodniej Polski. Poradnik ochrony siedlisk poczwarówki zwężonej *Vertigo angustior* (Jeffreys 1830) i poczwarówki jajowatej *Vertigo moulinsiana* (Dupuy 1849). Klub Przyrodników, Świebodzin.
- Kujawa-Pawlaczyk J., Pawlaczyk P. 2005. Ochrona mokradeł. In: Gwiazdowicz D.J. (Ed.). *Ochrona przyrody w lasach. T.II: Ochrona szaty roślinnej*. Polskie Towarzystwo Leśne, Oddział Wielkopolski, Poznań: 81-119.
- Lindh M. 2022. Metoder för dikespluggning och dikesigenläggning i skogsmark. Skogsstyrelsen; www.skogsstyrelsen.se.
- Makles M., Pawlaczyk P., Stańko R. 2014. Podręcznik najlepszych praktyk w ochronie mokradeł. Centrum Koordynacji Projektów Środowiskowych, Warszawa. Access on 15.06.2018 [<http://www.bestpractice-life.pl/aktualnosci/podreczniki-najlepszych-praktyk-do-pobrania.html>].
- Möckel S. C., Erlendsson E. & Gísladóttir G. 2021. Andic Soil Properties and Tephra Layers Hamper C Turnover in Icelandic Peatlands. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 126. doi: <https://doi.org/10.1029/2021JG006433>.
- Ottósson J. G., Sveinsdóttir A. & Harðardóttir M. 2016. Vistgerðir á Íslandi. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar nr. 54. Icelandic Institute of Natural History. Garðabær, Iceland.
- Pakalne M., Etzold J., Ilomets M., Jarašius L., Pawlaczyk P., Bociąg K., Chlost I., Cieśliński R., Gos K., Libauers K., Pajula R., Purre A-H., Sendžikaitė J., Strazdiņa L., Truus L., Zableckis N., Jurema L., Kirschey T. 2021. Best Practice Book for Peatland Restoration and Climate Change Mitigation. Experiences from LIFE Peat Restore Project. University of Latvia, Riga, 184 p.
- Pawlaczyk P. 2018. Prawne i strategiczne ramy ochrony torfowisk w Polsce. Klub Przyrodników, Świebodzin.
- Pawlaczyk P. (ed.) 2022. Kompleksy torfowe Kluki, Ciemińskie Błota i Wielkie Bagno w Słowińskim Parku Narodowym – przyroda i ochrona. Doświadczenia przedsięwzięcia LIFE PeatRestore. Wydawnictwo Klubu Przyrodników, Świebodzin.

- Pawlaczyk P. 2023. Poland. In: Tucker G. Nature Conservation in Europe. Approaches and Lessons. Cambridge Univ. Press: 493-513.
- Pawlaczyk P. (red.), Biedroń I., Brzóska P. Dondajewska-Pielka R., Furdyna A., Gołdyn R., Grygoruk M., Grześkowiak A., Horska-Schwarz S., Jusik Sz., Kłósek K., Krzymiński W., Ligięza J., Łapuszek M., Okrański K., Przesmycki M., Popek Z., Szałkiewicz E., Suska K., Żak J. 2020. Podręcznik dobrych praktyk renaturyzacji wód powierzchniowych. Oprac. w ramach przedsięwzięcia „Opracowanie krajowego programu renaturyzacji wód powierzchniowych». Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie, Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, Warszawa.
- Pawlaczyk P. 2018. Prawne i strategiczne ramy ochrony torfowisk w Polsce. Klub Przyrodników, LIFE PeatRestore documents [ms.].
- Pawlaczyk P., Herbichowa M., Stańko R. 2005. Ochrona torfowisk bałtyckich. Przewodnik dla praktyków, teoretyków i urzędników. Klub Przyrodników, Świebodzin.
- Pawlaczyk P., Bociąg K., Cieśliński R., Chlost I., Gos K., Stańko R. 2019. Słowińskie torfowiska w ochronie klimatu. Jak ochrona przyrody w Słowińskim Parku Narodowym może przyczynić się do łagodzenia zmian klimatycznych. Wyd. Klubu Przyrodników, Świebodzin.
- Pawlaczyk P., Kujawa-Pawlaczyk J. 2017. Wybrane problemy monitoringu i oceny stanu torfowisk oraz ich usług ekosystemowych. *Studia i Materiały CEPL* 19, 2: 103-121. Dostęp 5.06.2018. [http://cepl.sggw.pl/sim/pdf/sim51_pdf/Pawlaczyk_Pawlaczyk.pdf].
- Pawlaczyk P., Wołejko L., Jermaczek A., Stańko R. 2002. Poradnik ochrony mokradł. Klub Przyrodników. Świebodzin.
- Ryś A. 2011. Ochrona i regeneracja ekosystemów mokradłowych na terenie nadleśnictwa Strzałowo w puszczy piskiej – efekty i kontrowersje. *Przegląd Przyrodniczy* 22, 3: 46-67.
- Skarphéðinsson, K. H., & Porleifsson E. 1998. Keldusvín – útdauður varpfugl á Íslandi. *Kvískerjabók*: 266-296. Sýslusafn Austur-Skaftafellssýslu, Höfn í Hornafirði, Iceland.
- Stachowicz M., Manton M., Abramchuk M., Banaszuk P., Jarašius L., Kamocki A., Povilaitis A., Samerkhanova A., Schäfer A., Sendžikaitė J., Wichtmann W., Zableckis N., Grygoruk M. 2022. To store or to drain – To lose or to gain? Rewetting drained peatlands as a measure for increasing water storage in the transboundary Neman River Basin, *Science of The Total Environment*, 829: 154560.
- Stańko R., Wołejko L., Pawlaczyk P. 2018. A Guidebook on Good Practices of alkaline fen conservation. Klub Przyrodników Publishing House, Świebodzin, 169 pp.
- Szpaczyński J. A. 2003. Zabezpieczenie terenu przed działalnością bobrów. Urządzenia przelewowe, ochrona przepustów, zabezpieczenie drzew. WR&P, Ottawa. Access on 15.06.2018 [http://bagna.pl/images/biblioteczka/zabezpieczenie_terenu_przed_dzialalnoscia_bobrow.pdf].
- The Environment Agency of Iceland. 2022. National Inventory Report – Emissions of greenhouse gases in Iceland from 1990 to 2022.
- Wheaton J.M., Bennett S.N., Bouwes N., Maestas J.D., Shahverdian S.M. (eds) 2019. Low-tech process –based restoration of riverscapes. Design Manual. Utah State University Restoration Consortium.
- Wołejko L., Grootjans A.P. 2004. An eco-hydrological approach to peatland management in Poland. In: Wołejko L., Jasnowska J. (Eds.). *The future of Polish mires. Monogr. AR w Szczecinie*: 49-59.