

Моніторинг, моделювання і прогнозування впливу Хотиславського кар'єру на гідрогеологічні і лісоекологічні умови природно-заповідних об'єктів Західного Полісся

Роботу виконано на кафедрі екології НЛТУ України

Визначено специфіку еколого-математичних моделей прогнозованих варіантів розвитку депресійної лійки Хотиславського кар'єру – варіації гідрогеологічного режиму, зниження рівня ґрунтових вод, зміна лісоекологічних умов, аероекологічне трансгортонне забруднення. Обґрунтовано застосування морфологічних та флуоресцентних характеристик рослин, які забезпечують кореляційний синтез наземних і дистанційних досліджень, потрібний для створення інформаційно-діагностичних систем комплексного моніторингу екосистем Західного Полісся.

Ключові слова: екологічний моніторинг, екологічні загрози, Західне Полісся, моделювання екосистем, дистанційне зондування, геоінформаційні системи.

Мокрый В. И. Мониторинг, моделирование и прогнозирование влияния Хотиславского карьера на гидрогеологические и лесоекологические условия природно-заповедных объектов Западного Полесья.

В статье определена специфика еколого-математических моделей прогнозируемых вариантов развития депрессионной воронки Хотиславского карьера – вариации гидрогеологического режима, снижение уровня ґрунтовых вод, изменение лесоекологических условий, аэроэкологическое трансгортонное загрязнение. Обосновано применение морфологических и флуоресцентных характеристик растений, которые обеспечивают корреляционный синтез наземных и дистанционных исследований, необходимый при создании информационно-диагностических систем комплексного мониторинга экосистем Западного Полесья.

Ключевые слова: экологический мониторинг, экологические угрозы, Западное Полесье, моделирование экосистем, дистанционное зондирование, геоинформационные системы.

Mokryy V. I. Monitoring, Modeling and Prognostication of Hotyslavskiy Career for Hydrogeological and Forest Ecological Conditions of Natural Reserves Objects West Polesie.

The specificity of environmental and mathematical models predicted variations of depression funnel Hotyslavskiy career – variations hydrogeological regime, lowering the water level, change forest ecological conditions, airport environmental transboundary pollution. The use of fluorescent and morphophysiological characteristics of plants that provide correlative synthesis of terrestrial remote research needed in the creation of information and diagnostic systems for complex monitoring ecosystems of Western Polesie.

Key words: environmental monitoring, environmental threats, Western Polesie, ecosystems modeling, remote sensing, geographic information systems.

Постановка наукової проблеми та її значення. Сталій розвиток, що є загальноприйнятою парадигмою розвитку світової спільноти, припускає одночасний і погоджений поступ у сфері охорони довкілля, соціального й економічного розвитку суспільства. У теоретичному аспекті сталій розвиток актуалізує концепцію коеволюційного розвитку, яка базується на принципі динамічної рівноваги всього комплексу стосунків у системі «соціум–біосфера», що означає перехід основних соціальних підсистем у режим екосумісного, збалансованого функціонування. У прикладному аспекті збалансоване природокористування припускає виділення ресурсів і механізмів для попередження та нейтралізації різномірного комплексу викликів і загроз, визначених як глобальні проблеми і сформовані перешкоди для соціального прогресу [1]. Проекцією глобальної моделі сталого розвитку на сьогодні є його національні версії, орієнтовані на реальне втілення моніторингу, ідентифікації та управління процесами антропогенізації природоохоронних територій об'єктів, які знаходяться в зоні її дії, що становлять потенційні екологічно небезпечні кластери «джерело–об'єкт».

Потреба синтезу екологічної, соціальної та економічної версій стійкого розвитку для досягнення економічної ефективності, соціальної справедливості й екологічної безпеки, актуалізує проблему чинників цього процесу, відповідальних за трансформацію концептуальних розробок у за-

гальнонаціональний імператив збалансованого природокористування, на яких базуються прикладні управлінські рішення.

Аналіз останніх досліджень із цієї проблеми. Розробка Хотиславського кар'єру становить певну екологічну загрозу [5] функціонуванню проектного транскордонного біосферного резервату «Західне Полісся», створеного спільною трьохсторонньою Угодою (2002 р.) між трьома державами – Україною, Білоруссю і Польщею. До його складу увійшли три резервати: «Прибужське Полісся» (Брестський район, долина річки Західний Буг, Білорусь); «Шацький» (Шацьке поозер'я, Україна) і «Західне Полісся» (Ленчинсько-Влодавське поозер'я, Польща). Західне Полісся відоме не лише популярними озерно-лісовими рекреаційними комплексами. Тут під охороною трьох держав знаходиться велика кількість рідкісних і зникаючих видів флори й фауни, функціонує декілька національних парків, заповідників, ключових орнітологічних і ботанічних територій.

Рівненська геологічна експедиція визначила основну зону впливу кар'єру – Поліська низовина і Шацький регіон. До того ж немає в історії цього регіону жодного випадку, де були б проведені моніторинги і дослідження на предмет того, як іде злив води в кар'єри і немає аналога, до якого можна було б порівняти розрахунки і прогнози.

Згідно з результатами [2; 8] математичного моделювання, за зниження рівня підземних вод на 35 м, водоприплив до кар'єру буде змінюватися від 10 тисяч кубометрів на добу в перший рік відпрацювання майже до 50 тисяч кубометрів на кінець розрахункового строку експлуатації родовища. Розміри депресійної лійки по ізолінії зниження рівня води на 0,1 м становлять 28 км у субширотному і 38 – у субмеридіальному напрямках. Це може призвести до того, що в 11 населених пунктах порушаться умови господарсько-питного водопостачання, істотно погіршиться гідрогеологомеліоративний стан п'яти меліоративних систем. Скоротиться поверхневий стік ряду річок, а також умови підземного живлення озер. Площа лісових фітоценозів, де зниження рівня ґрунтових вод негативно позначиться на їхній продуктивності, становитиме 6,2 тис. га.

Щоб цього не сталося, в проекті [8] розроблено різні варіанти компенсаційних водоохоронних заходів. Вони передбачають по периметру кар'єру гідравлічні завіси, протифільтраційні завіси типу «стіна в ґрунті», комбіноване відпрацювання кар'єру малими секціями з частковим затопленням відпрацьованих кар'єрних полів. Ці заходи повинні у 2,7 раза зменшити величину депресійної лійки та зниження рівня ґрунтових вод.

Розроблення кар'єру може мати незворотні наслідки. Очікується зниження рівня ґрунтових вод на території близько 100 000 га. Під загрозою зникнення опиниться річка Ріта. Цілком вірогідне зменшення плеса місцевих озер і усихання лісів на території близько десяти тисяч гектарів. Це спричинить зменшення врожайності сільськогосподарської продукції на 25–50 %, прискорення руйнування торф'яників, зникнення популяцій червонокнижних і рідкісних видів рослин і тварин, занепад туристичної діяльності в Шацькому районі.

На території Білорусі, в безпосередній близькості від проектного кар'єру, особливо охоронних природних територій немає. На відстані 25–40 км розташовано: республіканський заказник «Прибужське Полісся»; республіканський біологічний заказник «Луково»; заказник місцевого значення «Хмелівка»; дві пам'ятки природи республіканського значення, створено для збереження острівних ялинників.

На території України, в зону впливу Хотиславського кар'єру, потрапляє ряд природоохоронних територій міжнародного, державного і місцевого значення – заказники «Липин» і «Озеро Тур», пам'ятка природи «Озеро Святе», а також реліктові й термокарстові озера Шацького Поозер'я.

Стратегія збалансованого природокористування, збереження ландшафтного і біологічного різноманіття природно-ресурсного комплексу Західного Полісся, передбачає застосування сучасних інформаційних технологій для управління територій [6]. **Мета** роботи – розробка методик комплексного моніторингу екосистем, на основі інформаційно смних екологічних індикаторів. **Завдання** – визначити специфіку еколого-математичних моделей прогнозованих варіантів розвитку депресійної лійки Хотиславського кар'єру.

Матеріали й методи. Дослідження [3] передбачає польові реконгсцирувальні обстеження рослинності заповідної, рекреаційної та господарської зон Шацького НПП, відбір зразків, лабораторні

вимірювання морфофізіологічних параметрів рослин та формування бази даних із використанням технологій дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та геоінформаційних систем (ГІС). **Об'єктом** досліджень вибрано основні породи лісонасаджень Шацького НПП для визначення і порівняння індексу їхньої життєвості в різних типах лісорослинних умов.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Отримані результати експрес-діагностики морфофізіологічних і флуоресцентних показників рослин біогеоценозів Шацького НПП [4], застосовано як завірково-калібрувальні дані – наземної інформації про ознаки і властивості об'єктів дистанційного зондування та підстеляючих поверхонь, потрібних для якісної інтерпретації космічних знімків Західного Полісся.

Виміряні морфофізіологічні та флуоресцентні характеристики фітоелементів забезпечують кореляційний синтез наземних і дистанційних досліджень, потрібний для створення інформаційно-діагностичних систем, пов'язаних із цифровим обробленням зображень та реалізації комплексного моніторингу екосистем Західного Полісся, дозволяють розв'язати подвійне завдання встановлення причинно-наслідкових зв'язків, виникнення аномалій інтегральної інформації про стан рослин, ознаки і властивості об'єктів зондування та підстеляючих поверхонь. Їх доцільно використати як фонові параметри, а також для прогнозу розвитку екологічної ситуації за зміни лісорослинних умов, зумовлених прогнозованим розвитком депресійної лійки Хотиславського кар'єру (варіації гідрогеологічного режиму, зниження рівня ґрунтових вод, аероекологічне транскордонне забруднення).

Одержані математичні моделі фазових переходів сукцесійних процесів лісових угруповань [7] дозволяють оцінити зміни видового складу насаджень, враховуючи індивідуальні властивості типів лісу та їхніх серій, визначати критичні значення фітомаси насаджень, які зумовлюють сукцесійний перехід. У зв'язку з цим можуть бути використані для побудови інформаційно-діагностичних систем прогнозування збалансованого ресурсокористування та автоматизації технологій управління, оскільки забезпечують прогноз кількісних і якісних параметрів лісотвірних процесів на територіях Західного Полісся.

Побічним ефектом техногенного порушення гірських порід, як правило, є зміна режиму поверхневих і підземних вод. Унаслідок дренажної дії кар'єрів і відкачування води, відбувається виснаження підземних вод. Режим ґрунтового і поверхневого водного живлення лісів, що ростуть в околицях Хотиславського кар'єру впродовж тривалого часу (починаючи з 60-х рр. минулого століття) обумовлений діяльністю меліоративної мережі, яка регулює гідрологічні умови цієї місцевості. За цей період деревостани пристосувалися до наявних умов гідрорежиму, деякі сформувалися вже після проведення гідротехнічної меліорації. Скид ґрунтового водоносного горизонту більш ніж на 2 м додатково до наявного рівня приведе до зміни типологічної і формаційної структури лісів. Прогнозовані зміни лісової рослинності й для білоруської сторони, і для української відбуватиметься відомими закономірностями.

Для чорничної серії лісів імовірна трансформація насадження зеленомохового типу, випадання зі складу насаджень берези пухнастої, вільхи чорної, послаблення й усихання дуба, зрідження підліскового ярусу, зниження густини і спрощення видового складу підросту (сосна, береза повисла), скорочення видового рослинного різноманіття насаджень, утворення «вікон» через відмирання дерев, зниження повноти насаджень; скорочення площі покриття ягідних чагарницевих (чорниця).

На досліджуваній території значна частина лісів болотяно-папоротевих, осокових, осоково-трав'яних, прируслово-трав'яних серій уже зазнала впливу осушення. Насадження адаптувалися до наявних умов. Високою продуктивністю характеризуються чорновільшаники: переважають деревостани 1 бонітету (понад 65 %), понад 80 % досягають 4–6 класів віку.

Подальше зниження (понад 2 м) рівня ґрунтових вод (РГВ) призведе до переформовування природних типів, що залишилися, в меліоративно-похідні, послаблення і поступового випадання зі складу насаджень берези пухнастої, вільхи чорної, дуба, ялини, зниження продуктивності пристигаючих лісів, зміни чорновільшаників низькопродуктивними березняками, розвитку вторинних низькобонітетних листяних насаджень, поширення чагарників, зниження видової різноманітності деревостанів, зникнення вікових лісів, спрощення різноманітності екосистемного покриву лісової території,

скорочення середовища існування для тварин і рослин, пов'язаних з надмірно зволуженими листяними лісами.

Різке порушення режиму ґрунтового живлення, дефіцит ґрунтової вологи ускладнює ріст пристигаючих і стиглих деревостанів, у яких інтенсивність росту з віком знижується, дерева не зможуть пристосуватися до новостворених екстремальних умов і перебудувати кореневу систему. Це особливо важливо для порід з неглибокою кореневою системою, наприклад, ялини.

Під час меліорації болотяних лісів (з урахуванням лісівничої і економічної ефективності, біології деревних порід) для підвищення продуктивності деревостанів, рекомендовані такі рівні ґрунтових вод [9]: для вільшняків і березняків осокових, болотно-папоротевих – 60–80 см (в середньому за вегетаційний період), навесні – до 15 см. На Поліссі вільха чорна може рости на піщаних ґрунтах за РГВ 200 см. Падіння РГВ нижче як 200 см спричинить усихання вільхи чорної. Різке зниження РГВ у піщаних ґрунтах призведе до суховершинності та усихання дуба, якому в цих ґрунтових умовах потрібний близький до поверхні землі рівень ґрунтової води. Мінімальний рівень ґрунтових вод для умов березняка, як правило, складає не більше 1 м.

У найближчій перспективі (до 2014 р.) водопониження за матеріалами розрахунку гідравлічної лійки не перевищить 0,5 м, внаслідок чого особливих змін у структурі лісової рослинності тут не очікується [8]. Розширення площі депресійної лійки і падіння рівня ґрунтових вод до 2040 р. матиме негативні наслідки для лісових насаджень у межах водопониження більше як 1 м. Детальне прогнозування зміни структури лісової рослинності в цій зоні можливе на основі комплексного лісоекологічного моніторингу.

Програму моніторингу в зоні можливого впливу Хотиславського кар'єру затверджено на початку 1994 р. Мінприроди України та Мінприроди Білорусі. На сьогодні доцільно реалізувати систему постійного комплексного моніторингу за динамікою змін гідрогеологічних та лісоекологічних умов досліджуваного регіону Західного Полісся, яка б відповідала новим законодавчим документам не лише України й Білорусі, а й загальноєвропейській практиці. Для цього визначено основні завдання (табл. 1) і розроблено систему екологічного моніторингу природно-заповідного фонду Західного Полісся.

Таблиця 1

Функціонування системи екологічного моніторингу прогнозованого впливу Хотиславського кар'єру на динаміку змін гідрогеологічних та лісоекологічних умов природно-заповідних об'єктів Західного Полісся

Функції	Зміст завдань
1	2
Основні завдання системи комплексного моніторингу	
Дистанційний моніторинг	Класифікація космоснімків за розробленими і адаптованими методиками для оцінки екологічного стану і динаміки змін параметрів озерних екосистем і малих річок, водно-болотних, лучних і лісових екосистем.
Наземний моніторинг	Гідрогеологічний моніторинг рівня поверхневих і підземних вод на територіях природно-заповідного фонду та господарської зони, лісоекологічні дослідження, інвентаризація біорізноманіття на прибережних територіях малих річок і озер на основі біофізичних індикаторів, чутливих до змін рівня ґрунтових вод і вологості ґрунтів територій Західного Полісся із урахуванням загроз, обумовлених господарською діяльністю.
Математичне моделювання	Прогноз змін гео-екологічних і лісоекологічних умов у зоні впливу Хотиславського кар'єру як основи інформаційно-аналітичної системи моніторингу екологічних загроз на базі ДЗЗ/ГІС-технологій.
Основні програмні положення моніторингових досліджень	
Екологічний аналіз	Інформаційно-аналітична система на основі ДЗЗ/ГІС-технологій моніторингу стану та прогнозу динаміки гео-екологічної та лісоекологічної ситуації території впливу Хотиславського кар'єру.

1	2
Екологічний аналіз	Проект мережі пунктів моніторингу гідрогеологічних та геоecологічних параметрів стану екосистем на територіях впливу Хотиславського кар'єру.
	Геоecологічні картографічні моделі ідентифікації геолого-гідрогеологічних факторів, що впливають на формування режиму підземних вод у районі розробки Хотиславського кар'єру.
	Еколого-картографічні моделі динаміки змін параметрів рослинності в зоні впливу Хотиславського кар'єру.
	Еколого-математичні моделі геофільтрації в районі Хотиславського кар'єру.
	Кореляційні та адаптаційні технології верифікації моделей геофільтрації, розроблених білоруською та українською сторонами.
	Геоecологічні математичні моделі прогнозованих варіантів транскордонного впливу Хотиславського кар'єру на гідрогеологічні умови прилеглих територій.
Економічний аналіз	Моделі аналізу альтернативних проектів гідроекологічних компенсаційних заходів – розміщення компенсаційних споруд, відновлення водності водотоків і водойм, захист ресурсів підземних вод від виснаження, запобігання забруднення гідросфери і атмосфери.
	Еколого-економічні моделі прогнозованих витрат на стабілізацію геоecологічної рівноваги.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Зміцнення регіональної співпраці та потенціалу установ України і Білорусі є потрібним для вирішення природоохоронних завдань. Реалізація можливостей країн і регіональних органів в програмній і науково-прикладній еколого-технологічній сферах доцільна для вирішення пріоритетних питань збалансованого ресурсокористування, розширення міжнародної співпраці, що охоплює екологічні аспекти стійкого розвитку в транскордонному регіоні Західного Полісся.

Список використаної літератури

1. Загорская Н. С. Роль государства в реализации модели устойчивого развития / Н. С. Загорская, Д. И. Наумов // Сахаровские чтения 2009 года: экологические проблемы XXI века: материалы 9-й Междунар. науч. конф. – Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2009. – С. 22.
2. Зузук Ф. В. Чи існує загроза існуванню екосистеми Шацького національного природного парку / Ф. В. Зузук, І. І. Залеський // Наук. вісн. Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки. – 2007. – № 11, ч. 1. – С. 77–81.
3. Капустяник В. Б. Прикладна спектроскопія: навч. посіб. / В. Б. Капустяник, В. І. Мокрий. – Львів: Вид. центр Львів. нац. ун-ту ім. І. Франка, 2009. – 320 с.
4. Кучерявий В. П. Оптико-спектральні методи експрес-діагностики рослин Шацького національного природного парку / В. П. Кучерявий, В. І. Мокрий, Н. А. Піць // Наук. вісн. Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки. – 2009. – № 2. – С. 58–63.
5. Мокрий В. І. Інформаційне забезпечення моніторингу екологічних загроз біорізноманіттю МБР «Західне Полісся» / В. І. Мокрий, В. Є. Гончарук // Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика: зб. наук. пр. за матеріалами X Міжнар. наук.-метод. конф. – К.: Центр учб. л-ри, 2011. – С. 461–464.
6. Мокрий В. І. Інформаційні технології забезпечення сталого розвитку природоохоронних об'єктів Західного Полісся / В. І. Мокрий // Наук. вісн. НЛТУ України: зб. наук.-техн. пр. – Львів, 2012. – Вип. 22.02. – С. 336–342.
7. Мокрий В. І. Моделі фазових переходів сукцесійних процесів лісових угруповань Західного Полісся / В. І. Мокрий, В. Б. Капустяник, П. Г. Хом'юк // Екологічна безпека та природокористування: зб. наук. пр. Ін-ту телекомунікацій і глобал. інформ. простору НАНУ і Київ. нац. ун-та буд-ва і архіт. – К., 2011. – Вип. 8. – С. 94–118.
8. Отчет о результатах проведения оценки воздействия на окружающую среду добычи мела на участке месторождения «Хотиславское» в Малоритском районе Брестской области (в двух книгах) / [науч. руковод. проекта Р. В. Новицкий]. – Минск: ЦНИИКИВР, 2009. – 214 с.
9. Смоляк Л. П. Болотные леса и их мелиорация / Л. П. Смоляк. – Минск: Наука и техника, 1969. – 212 с.

Статтю подано до редколегії
18.09.2012 р.