

УДК 581.526

А. ЦЕПЕЛЬОВСЬКІ¹, О. ГУМНИЦЬКА-ВІТОВСЬКА²

ОЧИЩЕННЯ ОРГАНІЧНИХ СТІЧНИХ ВОД У ЛІСОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ³

Досліджено вплив органічних забруднень на лісовий біоценоз. Випробування проводились на лісовій очищальній стічних вод у м. Ілаві (Польща), яка складалась з 28 лісових ділянок. На очищально подавались стічні води із заводу з виробництва крохмалю протягом 15 років. З метою оцінки впливу на навколишнє середовище проводився моніторинг, який охоплював дослідження клімату, стічних вод, лісу, гідрологічні спостереження та технічний моніторинг. Аналіз результатів досліджень виявив негативний вплив стічних вод з органічними забрудненнями на ґрунтові води та лісову рослинність. У районі очищальні погіршується якість підземних вод, постійно зростає у них вміст неорганічних компонентів, серед яких є калій та кадмій. Змінюється кругообіг поживних речовин у лісовому середовищі, розвиваються патогенні гриби. Разом з тим не виявлено зростання продуктивності соснових деревостанів.

1. Вступ

Добросусідські відносини між Польщею та Україною розвиваються у різних сферах політичного, культурного, економічного, технічного співіснування, у тому числі і у галузі екологічного співробітництва.

У Польщі, починаючи з 80-х років, реалізується політика сталого розвитку, головною метою якої є скерування цивілізаційного прогресу в екологічне русло для охорони і збереження природного навколишнього середовища. Цій меті служить державна екологічна політика, основою якої є ліквідація забруднення навколишнього середовища вже у зародку, система покарань за забруднення навколишнього середовища, максимальне використання ринкових механізмів, співпраця у межах регіональних контактів у Європі для розв'язання європейських і глобальних екологічних проблем.

Однією з найбільших проблем при реалізації політики сталого розвитку є забруднення наземних і підземних вод неочищеними стічними водами, які походять із промисловості, сільського господарства і міських агломерацій. Важливою є взаємодія та співпраця у галузі охорони водного басейну на прикордонних територіях Польщі та України.

Незважаючи на те, що в Польщі у період 1980-2000 р. кількість промислових і комунальних стічних вод, які вимагають очищення, зменшилась, близько 18 % об'єму неочищених комунальних і промислових стічних вод все ж потрапляє до надземних вод.

Ряд законів і розпоряджень, затверджених в останні роки: "Закон про охорону природи" від 18.10.91 (Збірник Законів РП №114), "Закон про ліси" від 28.09.91 р. (Збірник Законів РП №101), "Закон про охорону і формування середовища" (Збірник Законів РП № 49), "Закон про охорону сільського господарства і лісових земель" (Збірник Законів РП № 16) сприяють реалізації екологічної політики. Як приклад можна назвати зростання кількості міст, що мають власні очищальні стічних вод з 357 в 1980 р. до 643 в 1995 р.

Але, незважаючи на ці заходи, без систем очищення надалі залишається близько 57 % промислових об'єктів. Причиною цього є значні витрати на будівництво таких очисних споруд. Багато невеликих заводів і фабрик споживчої промисловості бореться з фінансовими труднощами і не може собі дозволити будови механічно-біологічної очисної споруди. Тому шукають більш дешевих розв'язань цієї проблеми. Одним з таких розв'язань є ґрунтово-рослинна очисна споруда у м. Ілаві (Північна Польща) – лісова очищальня стічних вод. Проблеми і наслідки такого типу очищення стічних вод є темою даної статті і можуть бути використані в аналогічних ситуаціях на Україні.

2. Основи діяльності лісової очищальні стічних вод у Ілаві

Лісова очищальня стічних вод постала в 1984 р. у лісовому комплексі біля м. Ілава, що розташоване у північній частині Польщі. Створення такої очищальні було результатом пошуків дешевих розв'язань проблеми очищення стічних вод із заводу з виробництва

¹ Анджей ЦЕПЕЛЬОВСЬКІ – доктор габлітований, професор, керівник відділу водних систем Науково-дослідного інституту лісівництва у Варшаві. Forest Research institute in Warsaw, Instytut badawczy lesnictwa, ul. Bitwy Warszawskiej 1920 roku № 3, 00-973 Warszawa, Polska. Tel. 822-32-01

² Олеся ГУМНИЦЬКА-ВІТОВСЬКА – кандидат сільськогосподарських наук, ад'юнкт відділу водних систем Науково-дослідного інституту лісівництва у Варшаві.

³ представив дійсний член ЛАН України Г.Т. Криницький

крохмалю в Ілаві. При виробництві крохмалю утворюється близько мільйона м³ стічних вод на рік.

Згідно з концепцією роботи очищальні [1, 2], стічні води з фабрики крохмалю мали очищатися у середовищі легких піщаних лісових ґрунтів, а також причинитися до зросту біомаси дерев і продуктивності деревостанів, не загрожуючи чистоті підземних вод і не впливаючи негативно на лісовий біоценоз.

Лісова очищальня стічних вод (ЛОСВ) в Ілаві складається з гідрологічного обладнання, а також дослідних і господарських ділянок, розташованих на території, покритій лісом. Загальна площа її становить 216 га. До складу технічного обладнання входять: помпи, сталевий водогін, яким стічні води з фабрики, або вода з озера доходять до резервуару, резервуар (збірник), помпи для перекачування стічних вод з резервуару, сітки водогонів, дощувальна система, надземні сталеві труби і зрошувальна система.

На території очищальні розташовано 28 лісових ділянок загальною площею 5,6 га і дослідні плантації загальною площею 12 га.

Протягом року проводиться один або два продукційні цикли – осінній (головний), що триває близько 100 днів – у середньому від вересня до половини грудня, а також весняний – квітень – травень (близько 30 днів).

Стічні води, а також воду з озера підземним водогоном довжиною 7,1 км перекачують до резервуару, загальний об'єм якого 13120 м³, а звідтіля помпами за допомогою наземних та підземних водогонів і зрошувачів – на лісові площі. У середньому під час виробництва крохмалю на очищальні достарчається близько 490 мм стічних вод озерної води. Подальше збільшення опадів дощу цю кількість збільшує до 1062 мм.

Стічні води з виробництва крохмалю, які скеровують до наводнення в Ілаві на лісовій очищальні стічних вод, зараховують до високозабруднених, передусім органічними сполуками, оскільки містять близько 1420 мг/дм³ кисню, 300-370 мг/дм³ загального азоту, 50 мг/дм³ N/NH, 4,85 мг/дм³ фосфору і 360-400 мг/дм³ калію. Протягом 15 років удобрення стічними водами (1984-1997) на 1 га деревостану впроваджено близько 33600 м³ стічних вод, у тому числі 6250 кг N, 1277 кг P, 7694 кг K, 1915 кг Ca, 1142 кг Mg, 1646 кг S, 5545 кг Cl, 13,4 кг Mn, 16,2 кг Zn, 2 кг Cu, 0,06 кг Cd і 0,46 кг Pb.

3. Дослідницька проблематика і моніторинг на ЛОСВ

Дослідження, які проводилися в Науково-дослідному інституті лісівництва у Варшаві і в яких брав участь інтердисциплінарний колектив науковців, мали перевірити робочу гіпотезу про корисну дію очищальні на лісове середовище. Дослідження мали комплексний характер та включали вплив удобрень і поливів на ріст та розвиток деревостанів, зміни у складі біомаси підстилки і трав'янистої рослинності, оцінку санітарного стану деревостанів, оцінку зміни у ґрунтовому середовищі, а також вплив на підземні та ґрунтові води (рис.1).

Для оцінки впливу ЛОСВ в Ілаві на навколишнє середовище, а також для оцінки ефективності очищення і продукційного використання стічних вод з крохмальні, проводився моніторинг, який охоплював

дослідження клімату, стічних вод, гідрологічні спостереження, ліс і моніторинг технічний (обладнання очищальні) (рис. 2).

Кількість pomірів і спостережень була різною залежно від елемента, який контролювали – наприклад, клімат 3 або 1 раз на добу, рівні підземних вод 1-2 рази на місяць, хімічний склад води – 3-5 разів на рік, pomіри дендрометричні, дослідження підстилки, ґрунтів 3-5 разів протягом 15-річних досліджень, санітарний стан деревостанів щороку, стан технічний сітки водогонів – перед і по продукції – у середньому 2 рази на рік [3].

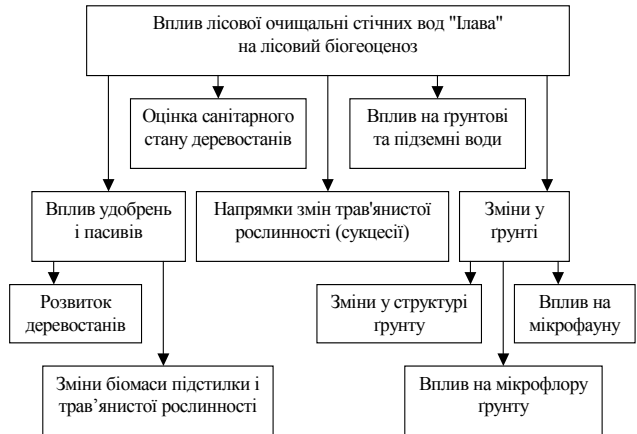


Рис. 1. Схема проведення комплексних досліджень

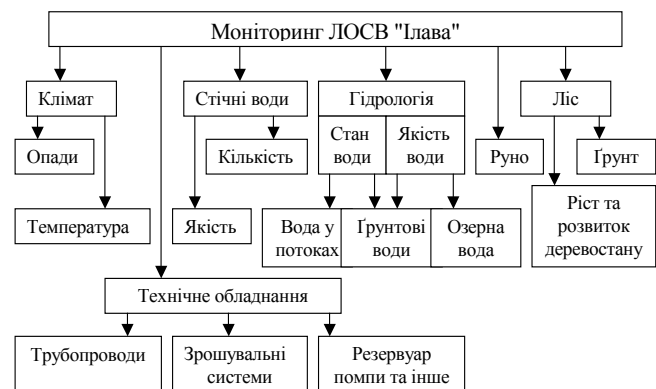


Рис. 2. Моніторинг ЛОСВ "Глава"

Хімічний аналіз води і стічних вод передбачає визначення вмісту БПК₅, рН, P, K, Na, Ca, Cl, SO₄, Mn, N, а також важких металів.

4. Ефективність ЛОСВ в Ілаві

Розв'язання проблеми стічних вод в Ілаві належить до біологічних методів очищення стічних вод у лісовому середовищі. Ступінь очищення при такому розв'язанні окреслили відношенням кількості забруднення підземних вод (після проходження стічних вод через ґрунтовий профіль) до вмісту забруднень у стічних водах. За міру забруднень прийнято БПК, загальний азот, фосфор, калій.

Розрахунки підтвердили значну ефективність очищальні – близько 99 % як в 1994 р. (початок роботи очищальні), так і в 1997 р., але отримані значення не подають реакції навколишнього середовища на стічні води. Тому важливим елементом оцінки ефективності

очищення має бути оцінка впливу стічних вод на природне середовище. Цього вимагає Розпорядження Міністра охорони довкілля, натуральних ресурсів і лісівництва (№23 від 23.07.1998, п. 589,590), яке діє в Польщі з 1998 р., щодо потреби оцінки впливу на навколишнє середовище особливо шкідливих для природного середовища компонентів або тих, які можуть значно погіршити його стан [4, 5].

У представленій нами праці зроблена спроба оцінки впливу розповсюджуваних стічних вод з виробництва крохмалю на лісову рослинність, ґрунти і води.

Вплив стічних вод на деревостани визначали за допомогою визначення продуктивності удобрюваних деревостанів, вираженої у м³ деревини на гектар, а також брали до уваги їх санітарний стан.

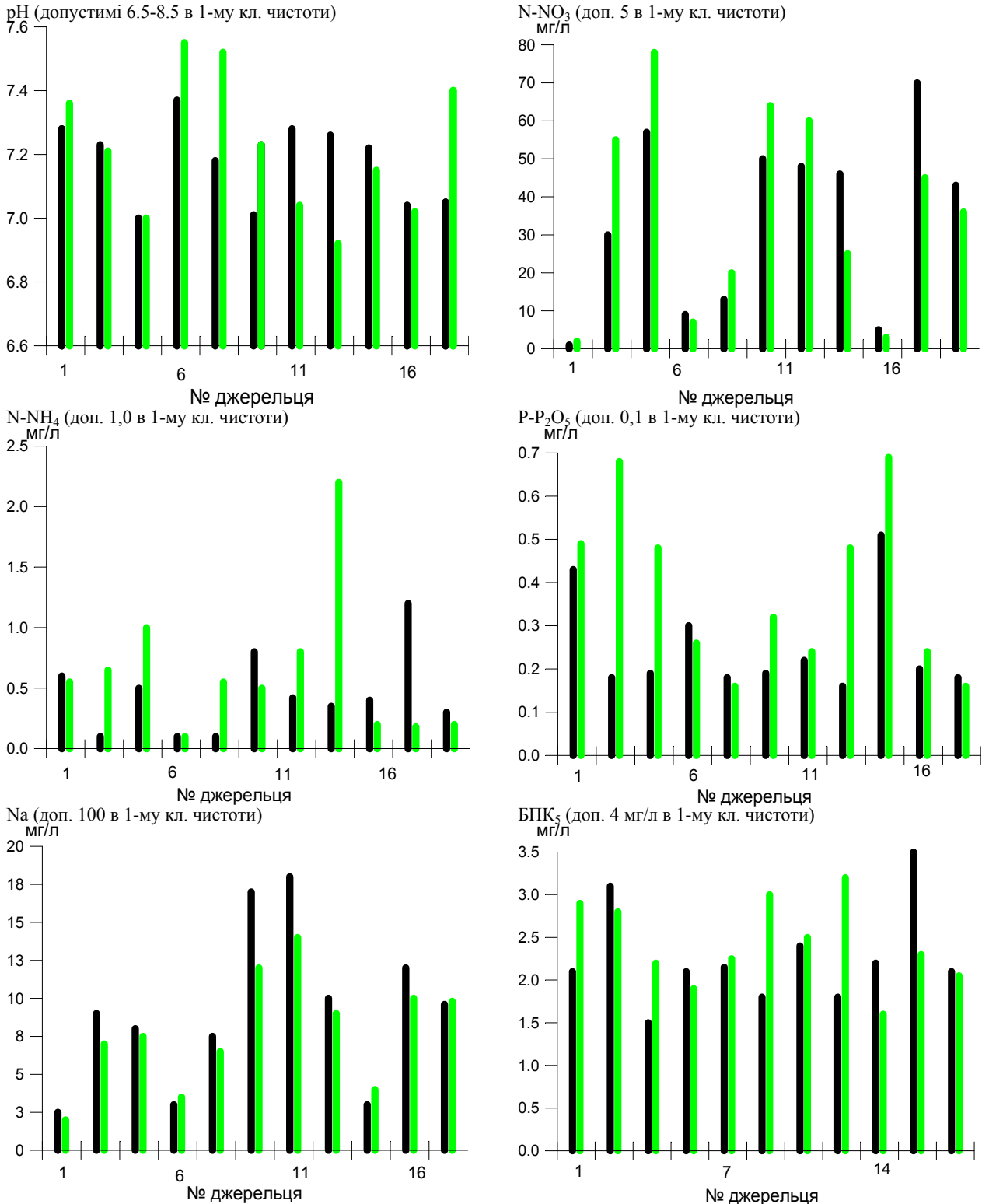


Рис. 3. Результати хімічного аналізу ґрунтових вод на території ЛОСВ. Перший замір – 1996 р., другий (паралельна лінія) – 1997 р.

Дендрометричні поміри проводили у соснових деревостанах IV і V класу віку. Вони вказали на зменшення продуктивності деревостанів удобрених вищими дозами стічних вод (300, 450, 600 мм/рік), а також на зростання кількості відмираючих дерев порівняно з контрольною поверхнею.

За міру впливу стічних вод на деревостан прийняли кількість сухих дерев, яка утворюється в удобрених деревостанах порівняно з контролем. Щорічна 2-разова (весняна та осіння) оцінка санітарного стану деревостанів вказала, що в удобрених деревостанах усі натуральні процеси виділення всохлих дерев мають значно підвищену інтенсивність, що може пояснюватися, між іншим, підвищеною вологістю середовища на очищальні. Це сприяє розвитку патогенних грибів. У місцях, де були аварії водогонів, постали локальні розливи стічних вод, що спричинило утворення великих галявин у деревостані. У кількох місцях виявлено всихання дерев, які росли поблизу зрошувачів, внаслідок оббивання кори струменями стічних вод. У деревостанах старших вікових класів спостерігали більше, ніж на контрольних ділянках, випадків заселення стовбурів сапрофітними грибами, що може значно знизити якість деревини.

Найбільш яскраво виражений вплив удобрення стічними водами видно на трав'янистій рослинності. Родиме руно вже по 2-3 роках удобрень повністю здеградувало. Довгорічне удобрення спричинило постання синантропійних і рудеральних зборів, серед яких найчисельніші кропива, малина і зірочник звичайний.

На підставі представлених даних можна зробити висновок, що багаторічне удобрення соснових деревостанів стічними водами шкідливо впливає на розвиток тих же деревостанів і трав'янистої рослинності. Не відмічено зросту продуктивності деревостанів, що було одним з головних завдань при створенні ЛОСТ в Ілаві. Збільшена смертність дерев у поєднанні з відсутністю натурального відновлення і неможливістю проведення відновлення, доглядів і підсаджень створює велику загрозу існуванню деревостанів.

Проведені дослідження фізико-хімічних змін у ґрунтовому середовищі показали, що удобрення стічними водами впливає головним чином на верхні верстви ґрунту (0-20 см), призводячи до зменшення густини сталої фази, зростання пористості. Заміри коефіцієнта фільтрації, а також швидкості поглинання, свідчать про малу ретенційну здатність удобрених ґрунтів.

Удобршення стічними водами впливає також на процеси розкладу органічних речовин у ґрунті. Велика густина верхньої 5-сантиметрової верстви ґрунту ($2,3 \text{ г/см}^3$) вказує на те, що органічні речовини підлягають швидкому розкладові і швидше за все наступає їх бітумізація, а не гуміфікація. У 60- і 100-річних деревостанах, удобрених і неудобрених, відмічено різницю в об'ємі і густині досліджуваних генетичних шарів ґрунту. Акумуляція органічних речовин у ґрунті до глибини 50 см зростає разом із зростанням дози стічних вод, а їх вміст на 10-60 % вищий, ніж у контрольному варіанті.

Фізико-хімічні зміни ґрунту можуть бути потенційною загрозою для оліготрофного соснового деревостану, оскільки деревостан, як і трав'яниста рослин-

ність, не у змозі затримати поживні речовини, що надходять разом із стічними водами. Абсорбційна здатність існуючої ґрунтово-рослинної системи є обмеженою, що може сприяти проникненню забруднень до ґрунтових вод.

Дослідження динаміки ґрунтових вод показали, що на території очищальні відбулося зростання рівня ґрунтових вод, спричинене наводненням стічними водами та поливами водою.

Хімічний аналіз ґрунтових вод показав, що середній річний вміст фосфору, N/NH_4 , а також біологічна потреба кисню незначно змінювалися, але не вказали тенденції до зростання. ґрунтова вода на підставі цих складових знаходилася в I-II класі чистоти надземних вод.

Однак вміст нітратів ($40-60 \text{ мг/дм}^3 \text{ N-NO}_3$) у ґрунтових водах на території очищальні, а також на трасі відпливу вод до р. Дрвенци, зараховують до позакласових. Внаслідок удобрень стічними водами у ґрунтових водах на терені очищальні відбулося зростання вмісту кальцію, магнію і натрію, а за вмістом кадмію ці води теж зараховують до позакласових (рис. 3).

Підсумки та висновки

Проведені дослідження вказують на те, що концепція очищення стічних вод у лісовому середовищі не повинна бути розповсюджена з огляду на обмежену можливість очищення на легких лісових ґрунтах, а також на негативний вплив стічних вод на ґрунтового води та лісову рослинність. Впровадження технічного обладнання (водогони, резервуари, зрошувачі і т.ін.) на територію 216 га лісу є небажаним втручанням людини у лісове середовище. Крім того, дана технологія очищення стічних вод має ряд експлуатаційних та організаційних недоліків. Сталеві надземні водогони покородували внаслідок залягання у них осадів із стічних вод, а також внаслідок некорисного впливу атмосферних умов.

З проведених 15-річних досліджень можна зробити такі висновки:

- у районі очищальні погіршується якість підземних вод, постійно зростає у них вміст кальцію, магнію, натрію та фосфору, міститься велика кількість нітратів, а в останні роки – калію та кадмію;
- систематичне впровадження до лісу стічних вод спричиняє зміни у кругообігу поживних речовин у лісовому середовищі;
- фізико-хімічні зміни удобрених стічними водами ґрунтів можуть бути потенційною загрозою для оліготрофного соснового деревостану;
- багаторічне удобрення соснових деревостанів картопляними стічними водами практично не впливає на продуктивність цих деревостанів;
- підвищена вологість на очищальні сприяє розвитку патогенних грибів.

Проведені дослідження вказують на те, що ідея очищення стічних вод у лісовому біоценозі є непридатна для використання і некорисна для навколишнього середовища. Тому фабрика по виробництву крохмалю повинна будуватися з власною механіко-біологічною очищальною стічних вод або підключатися (якщо дозволяє кількість стічних вод) до найближчої міської очищальні.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Białkiewicz F.** Oczyszczanie i wykorzystanie ścieków ziemniaczanych w glebie piaszczystej pod uprawą roślin drzewiastych, na podstawie doświadczeń lizymetrycznych, plantacji drzew i drzewostanów sosnowych. – Maszynopis IBL. – 1989.

2. **Ciepielowski A., Wienclaw E.** The impact of a forest facility for sewage cleaning in the Ilawa potato processing industry plant on ground waters in the forest // Las i Woda / Konf. 25-29.09.1998. – Kraków.

3. **Ciepielowski A.** Oczyszczanie i utylizacja ścieków ziemniaczanych w środowisku glebowym pod uprawą roślin drzewiastych (opracowanie podsumowujące 12-letni okres badań 1984-1995). – Maszynopis IBL. – 1996.

4. **Ciepielowski A., Gumnicka O., Harmaciński W.** Purification and utilization of potato processing sewage in scots pine stands. Raport G1. Uppsala 1998, Swedish University of Agricultural Sciences.

5. **Miśkiewicz N., Harmacinski W., Białkiewicz F.** Koncepcja roswiązania gospodarki ściekowej przemysłu ziemniaczanego na przykladzie glebowo-roślinnej oczyszczalni ścieków ZPZ Ilawa // Prace IBL. – 1991, 709. – S. 272-283.

A. Ciepielowski, O. Gumnicka-Witowska

CLEARING OF SEWAGE WATER OF ORGANIC IMPURITY IN A FOREST

Influence of organic impurities on forest biocenosis has been investigated. Investigations were carried out at the forest sewage water treatment plant in Ilawa Town (Poland). The plant consisted of 28 forest areas. The plant has been receiving sewage water from a starch producing plant within 15 years. In order to estimate influence on the environment monitoring has been performed which included investigation of climate, sewage water, forest hydrological studies as well as engineering monitoring. Analysis of the investigation results showed negative influence of organics-containing sewage upon ground water and forest vegetation. Underground water quality has been going down with constant increase of non-organic elements potassium and cadmium among them. Cycles of nutrients in forest environment have been changing; pathogenic fungi developed. At the same time no increase of pine forests productivity has been revealed.