

Marta K. Żebrowska, Elżbieta Kociolek-Balawejder*

Katedra Technologii Chemicznej, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

TORF – OBECNE I PERSPEKTYWICZNE KIERUNKI WYKORZYSTANIA

Streszczenie: Torf stanowi jeden z ważniejszych surowców naturalnych. Początkowo był stosowany w rolnictwie, ogrodnictwie oraz jako materiał opałowy. Zawarte w torfie aktywne biologicznie substancje i szczególnie właściwości powodują coraz szersze jego wykorzystanie. W ostatnich latach torf odgrywa ważną rolę w ochronie środowiska, kosmetyce i lecznictwie. W pracy, na podstawie przeglądu literaturowego, przedstawiono podstawowe informacje dotyczące torfu: występowanie, jego właściwości chemiczne, fizyczne oraz mechanizm powstawania, a także kierunki zastosowań i wpływu zawartych w torfie biologicznie aktywnych substancji na organizm ludzki. Scharakteryzowano przetwórstwo torfu w Polsce oraz przedstawiono kształtowanie się polskiej szkoły torfoznawstwa.

Słowa kluczowe: torf, podłoża torfowe, brykiety torfowe, materiał filtracyjny, torf leczniczy, wyciąg torfowy.

1. Wstęp

Torf, węgiel brunatny i węgiel kamienny to produkty kolejnych stadiów uwęglania materiałów organicznych pochodzenia roślinnego, które stanowią podstawowe surowce naturalne. W Polsce występują duże złoża tych trzech surowców. Są one od dawna wykorzystywane, jednak w zróżnicowanym stopniu i do różnych celów. Węgiel kamienny, którego roczne wydobycie wynosi obecnie ok. 85 mln ton (w 1979 roku było bliskie 200 mln ton), znajduje zastosowanie przede wszystkim jako surowiec energetyczny (w elektrowniach, elektrociepłowniach, kotłowniach, gospodarstwach domowych), a 10-15% jego krajowego wydobycia przeznaczają się do produkcji koksu. W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania węglem kamiennym jako potencjalnym surowcem do produkcji gazu syntezowego i ciekłych paliw dla motoryzacji. Niestety, złoża węgla kamiennego zalegają głęboko (te, które eksploatuje się obecnie, znajdują się na głębokości ok. 700-1000 m), tak więc jego wydobycie jest kosztowne i niebezpieczne. Węgiel brunatny z rocznym wydobyciem prawie 60 mln ton wykorzystywany jest prawie wyłącznie do produkcji energii

* Adres do korespondencji: elzbieta.kociolek-balawejder@ue.wroc.pl; tel.: (71) 368-04-62, fax: (71) 368 02 75.

elektrycznej. Ponieważ eksploatacja złóż węgla brunatnego w Polsce możliwa jest metodą odkrywkową (pokłady zalegają płytko), rozpatruje się powiększenie skali wydobycia tego surowca energetycznego przez wykorzystanie wielkich złóż występujących na Dolnym Śląsku w okolicy Lubina [1]. W naszym kraju znajdują się także liczne, płytko położone pokłady torfu, co umożliwia łatwe pozyskiwanie tego surowca, którego roczne wydobycie wynosi obecnie 1 mln ton. W odróżnieniu od obu paliw węglowych torf ma bardziej zróżnicowane zastosowanie. Wykorzystywany jest między innymi w rolnictwie, lecznictwie, ochronie środowiska, a szczególnie istotne dla ludzi są jego właściwości lecznicze [2; 3].

Na przestrzeni lat i obecnie torf stanowi jeden z ważniejszych surowców naturalnych. Badania jego właściwości, a także kierunki wykorzystania stale się rozwijają. Celem pracy jest przedstawienie na podstawie przeglądu literatury tradycyjnych i najnowszych kierunków zastosowań torfu oraz wpływu na organizmy żywe substancji o charakterze biostymulatorów i bioinhibitorów pozyskiwanych z torfu. To ostatnie zagadnienie zostało lepiej poznane dzięki praktyce odbytej w Torf Corporation – Fabryce Leków w Kątach Wrocławskich.

2. Występowanie torfowisk

Torfowiska to obszary występowania złóż torfu wraz z porastającą je specyficzną roślinnością. W zależności od rzeźby terenu, panujących na danym obszarze stunków wodnych oraz zbiorowisk roślinnych w Europie Środkowej wyróżniono następujące typy torfowisk: niskie, wysokie i przejściowe. Torfowiska niskie zasilane są przez wody płynące zasobne w substancje mineralne, powstają w obniżeniach terenu. Torfowiska wysokie charakteryzują się wypukłą powierzchnią, zasilane są przez wody opadowe. Torfowiska przejściowe powstają w pośrednich warunkach siedliskowych.

Ogólna powierzchnia torfowisk na świecie wynosi ok. 350 mln ha, z czego połowa to torfowiska o grubości ponad 0,5 m. Torfowiska należą do najbardziej rozpowszechnionych terenów podmokłych na świecie. W większości występują w strefie klimatu umiarkowanego, ale także w strefie klimatu tropikalnego, na obszarach o znacznych ilościach opadów i przyroście roślinności. Torfowiska w Europie zaliczane są do największych na świecie. Występują na obszarach nad Bałtykiem, wzdłuż południowo-wschodniego wybrzeża Morza Północnego oraz w północnych i środkowych częściach Rosji. Prawie 1/3 europejskich pokładów torfu znajduje się w Finlandii, 1/4 w Szwecji, a pozostała ilość w Polsce, Wielkiej Brytanii, Norwegii, Niemczech, Irlandii, Estonii, Holandii, we Francji i na Łotwie [4; 5]. Liczba torfowisk wysokich wzrasta wraz z przesuwaniami się na północ.

W Polsce większość obszaru torfowisk stanowią torfowiska typu niskiego, które obejmują ok. 92% całkowitej powierzchni złóż torfowych, torfowiska wysokie ok. 5%, a torfowiska o charakterze przejściowym ok. 3%. Główne obszary torfowisk znajdują się w części północnej Polski, wzdłuż wybrzeża Bałtyku (dolina dolnej

Odry, okolice Zalewu Szczecińskiego, Łeby, Pucka i Elbląga), a ich ilość maleje w miarę przesuwania się na południe kraju. Torfowiska te charakteryzuje grubość do 12 m. Liczne małe torfowiska występują w dolinach rzecznych i zagłębieniach pojeziernych na Pojezierzu Mazurskim. Największe w Polsce kompleksy torfowe zlokalizowane są w dolinach: Biebrzy (ok. 100 tys. ha) i Noteci (ok. 50 tys. ha). We wschodniej części Polski Środkowej torfowiska znajdują się w rejonie kanału Wieprz–Krzna (35 tys. ha). Najmniej torfowisk jest w Polsce Południowej. Złóża torfu rozwinęły się tam w dorzeczu Górnej Warty (40 tys. ha). Mniejsze, występujące w całym kraju torfowiska, mają grubość do 2,5 m [4; 6].

Do 2005 roku w Polsce zinwentaryzowano 50 tys. torfowisk, które zajmowały obszar ok. 1,3 mln ha (4% powierzchni Polski). Według Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych jedynie 18 tys. z nich tworzy potencjalną bazę zasobową eksploatacji torfu. Geologiczne zasoby bilansowe torfu (stan na 31.12.2007) wyniosły ok. 75 mln ton [1; 7].

3. Budowa i właściwości chemiczne torfu

Pod względem składu chemicznego torf jest mieszaniną związków organicznych, substancji mineralnych i wody. Torf i gleby torfowe w Polsce zaliczane są do utworów i gleb organicznych, jeżeli zawartość masy organicznej jest większa niż 20% (uwzględniając stosunek objętościowy). Jego właściwości w dużej mierze uzależnione są od składu botanicznego zbiorowisk roślin torfotwórczych oraz stosunków wodnych i termicznych, w których szczątki roślin uległy rozkładowi. Torf jako złożo w torfowisku jest masą organiczną o zwartym ułożeniu, z mniej lub bardziej powiązanymi ze sobą resztkami roślinnymi. Świeżo wydobyty jest miękki. W zetknięciu z powietrzem słabo rozłożony torf o barwie żółtej szybko ciemnieje. Charakteryzuje się zróżnicowaną strukturą; w przypadku niewielkiego udziału humusu w swej masie torf wykazuje strukturę włóknistą, a przy znacznej jego ilości – plastyczną.

3.1. Składniki materii organicznej

Zawartość węgla w różnych gatunkach torfów wynosi 50-60% s.m. i wzrasta wraz ze wzrostem stopnia ich rozkładu (zawartość pierwiastka C w węglu brunatnym wynosi 60-70%, a w węglu kamiennym 80-92%). W torfach niskich zawartość tlenu wynosi 38-40% s.m., a w torfach wysokich 33-40% s.m. Wiedza na temat ilości węgla i tlenu w torfie służy nie tylko do określania stopnia jego rozkładu, ale także wieku. Zawartość wodoru w torfie wynosi ok. 6% s.m. W torfach znajduje się ok. 0,5-4,0% s.m. azotu, który występuje głównie w formie organicznej, oraz 0,1-1% s.m. siarki [8].

Najważniejszymi związkami materii organicznej pochodzenia roślinnego i mikrobiologicznego, występującymi w torfach (tzw. humusu), są kwasy huminowe, fulwowe oraz huminy. Związki te są ważnym źródłem energii, węgla i azotu dla mi-

kroorganizmów glebowych i roślin oraz wpływają na barwę poziomów glebowych. W glebie w stanie wolnym występują rzadko, najczęściej łączą się z mineralnymi składnikami gleby, tworząc sole kwasów humusowych (fulwiany, humiany), humusowe związki kompleksowe i wewnątrzkompleksowe (chelaty), połączenia związków humusowych z minerałami ilastymi [9]. Torfy zawierają 10-43% kwasów huminowych charakteryzujących się ciemnobrązowym zabarwieniem. Ze względu na ich różnorodność i zmienność nie jest możliwe ustalenie jednoznacznej struktury. Kwasy te są związkami wielkocząsteczkowymi, składającymi się z rdzenia aromatycznego połączonego wiązaniami z aminokwasami, cukrami, peptydami, alifatycznymi kwasami oraz innymi składnikami wykazującymi budowę alifatyczną. Rdzeń składa się z pierścieni aromatycznych typu fenoli lub związków cyklicznych zawierających azot. Ważny element budowy cząsteczki kwasu huminowego stanowią reaktywne grupy funkcyjne: karboksylowe ($-\text{COOH}$), metoksylowe ($-\text{OCH}_3$), karbonylowe ($\text{O}=\text{C}<$), hydroksylowe ($-\text{OH}$), chinonowe [10]. Kwasy huminowe otrzymuje się w wyniku ekstrakcji wodnymi roztworami alkaliów i soli, a następnie wytrąca się je w postaci ciemnego żelu za pomocą kwasów mineralnych (nie są rozpuszczalne przy $\text{pH} < 2$). Uzyskane z torfów wysokich odznaczają się większą zawartością węgla, wodoru i tlenu, a mniejszą azotu niż te same kwasy otrzymane z torfów niskich. Również związki te charakteryzują się większą kwasowością ogólną, zawartością grup karboksylowych i fenolowych, a mniejszą liczbą grup metoksylowych niż kwasy huminowe torfów niskich. Kwasy huminowe otrzymane z torfów niskich odznaczają się mniejszą masę cząsteczkową, zawartością pierścieni aromatycznych i mniejszym stopniem zhumifikowania niż uzyskane z torfów wysokich.

Torfy zawierają 5,5-25% kwasów fulwowych charakteryzujących się żółtobrazową barwą, rozpuszczalnością w wodzie w całym zakresie pH oraz mniejszą masę cząsteczkową w stosunku do kwasów huminowych. W swojej strukturze zawierają więcej ugrupowań alifatycznych niż kwasy huminowe. Uzyskane z torfów niskich charakteryzują się mniejszą zawartością węgla, liczbą grup karboksylowych i fenolowych, a większą wodoru, azotu, tlenu i grup metoksylowych niż kwasy fulwowe z torfów wysokich. Ich zawartość zmniejsza się wraz ze wzrostem głębokości wystepowania torfu.

Torfy są także źródłem bitumin, związków trudno rozpuszczalnych w wodzie, które nie wpływają na poprawienie struktury gleby, ale na jej bardziej hydrofobowy charakter. Do tej grupy związków należą woski i smoły. Zawartość bitumin w torfie rośnie wraz z wiekiem, głębokością złoża oraz ze stopniem humifikacji i wynosi 7-22% [11]. Do najmniej zbadanych substancji próchnicznych, nieuczestniczących w procesach przemian glebowych, należą huminy charakteryzujące się czarną barwą i nierozpuszczalnością w całym zakresie pH.

W torfach znajdują się również niewielkie ilości białek, które pochodzą z roślin torfotwórczych oraz komórek bakterii i grzybów. Zawartość ligniny w torfach uzależniona jest od jej ilości w roślinach torfotwórczych i wynosi 6-40%, a celulozy 3-7% [4]. Monosacharydy i ich pochodne (aminocukry, kwasy uronowe, aldonowe),

a także oligosacharydy (sacharoza, laktoza) oraz polisacharydy (celuloza, hemiceluloza, skrobia) w torfach pełnią funkcję materiału energetycznego przemian chemicznych i biochemicznych.

3.2. Składniki materii nieorganicznej

Podstawowym wskaźnikiem określającym zawartość substancji nieorganicznych w torfach jest jego popielność – zawartość popiołu powstałego w wyniku spalania torfu w temperaturze 550-800°C. Torfy wysokie charakteryzuje mała zawartość substancji mineralnych, wynosząca 1-5% s.m., torfy niskie zaś większa (5-20%). Popielność torfu wzrasta wraz ze wzrostem mineralizacji jego materii organicznej, a także w wyniku namulania (nanoszenia osadów w formie zawiesiny przez wodę) do 50-80%. Skład chemiczny popiołu zależy od typu torfowiska, gatunku, głębokości występowania i stopnia rozkładu torfu oraz od składu skał, przez które przepływają wody zasilające torfowisko. Wśród licznych pierwiastków występujących w popiele do najważniejszych należą: Ca, Mg, K, Na, Fe, Si i P. Pełnią one ważną funkcję w procesach biologicznych zachodzących w roślinach. Tworzą tlenki, których zawartość w popiele zależy od rodzaju torfu: CaO – 0,05-6% (wapń wpływa na utrzymanie właściwego stanu fizycznego biokoloidów roślinnych), MgO – 0,1-0,8% (magnez bierze udział w przemianach glebowych oraz procesie fotosyntezy), Na₂O i K₂O – 0,01-0,2% (sód i potas regulują gospodarkę wodną roślin), a P₂O₅ – 0,05-0,5%. Zawartość F₂O₃ wynosi 0,2-3%. Wysoka ilość SiO₂, dochodząca do 40%, jest związana ze znacznym zamulaniem torfu oraz występowaniem na torfowiskach skrzypu błotnego (jego łodygi zawierają 10-20% s.m. krzemionki). Torfy występujące na terenie Polski są także zasobne w mikroelementy, m.in.: Ti i Mn, zawierają B, Cu i Zn, są ubogie w Co i Mo. Torfy wysokie zawierają także Br i I [8].

3.3. Odczyn i właściwości sorpcyjne

Wartość pH jest podstawowym parametrem, który charakteryzuje właściwości torfów różnego typu. Zależy ona od rodzaju roślinności występującej na torfowisku i domieszek mineralnych w torfie, głównie węglanu wapnia. Wpływa na kierunki i stopień intensywności procesów: humifikacji, mineralizacji, amonifikacji, nityfikacji, denityfikacji oraz na rozpuszczalność składników pokarmowych i substancji biologicznie czynnych, stwarza odpowiednie warunki do rozwoju mikroorganizmów glebowych. W zależności od wartości odczynu torfu, gleby torfowe podzielono na szereg grup (od bardzo silnie kwaśnych o pH < 4,5 do silnie zasadowych o pH > 8,4). Torfy niskie charakteryzują się pH w granicach 5,5-6,5, a wysokie wykazują pH 2,5-4,0, co prawdopodobnie związane jest z małą zawartością CaO.

Torfy wykazują dobre właściwości sorpcyjne, czyli zdolność do pochłaniania i zatrzymywania różnych jonów i cząsteczek. Dominuje w nich sorpcja wymienna polegająca na wiązaniu przez koloidy glebowe jonów (kationów) z roztworu gle-

bowego z jednoczesnym wydzielaniem do roztworu równoważnych ilości innych jonów. Torfy obojętne i alkaliczne wykazują sorpcję chemiczną (powstawanie w glebie nierozpuszczalnych soli na skutek reakcji chemicznych). Wymienna pojemność sorpcyjna torfów jest wysoka i zawiera się w przedziale 90-240 mmol/kg s.m. Zależy ona od rodzaju i gatunku torfu, od stopnia jego rozkładu oraz od zawartości kwasów huminowych. Wraz ze wzrostem rozkładu torfu wzrasta jego pojemność sorpcyjna [4].

4. Właściwości fizyczne

4.1. Stopień rozkładu torfu

Torfy wysokie charakteryzują się niewielkim stosunkiem zawartości rozłożonych części organicznych do całkowitej masy torfu rzędu 5-25%, a torfy niskie 25-70% [8]. Na skutek wzrostu stopnia rozkładu torfu zmniejsza się jego pojemność wodna i gęstość właściwa szkieletu gruntowego, a wzrasta gęstość objętościowa. Istnieje wiele metod służących do oznaczania stopnia rozkładu torfu. Wśród nich wyróżniono metody: makroskopowe (polowe), mikroskopowe i chemiczne.

Do najbardziej znanych metod makroskopowych, opierających się na obserwacjach cech charakterystycznych świeżego torfu ściskanego w dłoni (stopnia przeciśnięcia się masy między palcami, ilości i barwy wyciskanej wody, ilości i wyglądu nierozłożonych szczątków roślinnych), należy oznaczanie rozkładu torfu według skali von Posta. Skala ta została podzielona na 10 stopni, którym przypisano wartości procentowe. Stopień pierwszy H_1 oznacza torf nierozłożony, a stopień H_{10} całkowicie rozłożony. Metoda ta została opracowana dla torfów homogenicznych, w stanie naturalnym, całkowicie uwodnionych, pochodzących z torfowisk wysokich. Nie jest ona stosowana w przypadku torfów niskich, często zamulonych, ze względu na małą dokładność [12].

Metoda mikroskopowa oraz metody oparte na cechach fizycznych i chemicznych torfu zaliczane są do metod laboratoryjnych. Metoda mikroskopowa polega na obserwacji zawiesiny wodnej torfu pod mikroskopem i procentowym oznaczeniu stosunku powierzchni, jaką zajmuje w polu widzenia mikroskopu humus, do całej powierzchni tego pola pokrytej przez masę torfową. Do metod badawczych opartych na cechach fizycznych torfu należy metoda sitowa polegająca na przemywaniu torfu na sicie o średnicy oczek 0,1 mm i oznaczeniu pozostałości na nim (w stosunku do suchej masy próbki użytej do badania). Części włókniste pozostałe na sicie stanowią podstawę podziału torfu na trzy rodzaje: włóknisty o zawartości włókna $> 2/3$ objętości próby wyjściowej, mozaikowy o zawartości włókna $1/3-2/3$ oraz amorficzny o zawartości włókna $< 1/3$ [8]. Grupa metod chemicznych oznaczania stopnia rozkładu torfu, polegająca na określeniu ilości substancji, która tworzy się w trakcie rozkładu torfu, jest rzadko stosowana w Polsce.

4.2. Gęstość właściwa i objętościowa

Gęstość właściwa charakteryzuje właściwości części organicznej i mineralnej torfu. Wyrażona jest w kg/m^3 jako stosunek masy fazy stałej torfu do objętości zajmowanej przez tę fazę. Gęstość fazy stałej torfów wynosi 1300-1700 kg/m^3 , a nawet 2300 kg/m^3 w przypadku torfów o dużej zawartości mułów. Wartość gęstości właściwej wzrasta wraz ze wzrostem stopnia rozkładu torfów. Jest wprost proporcjonalna do popielności torfu i odwrotnie proporcjonalna do stopnia rozkładu substancji organicznej. Do oznaczenia gęstości właściwej wykorzystuje się metodę piknometryczną.

Gęstość objętościowa wyrażająca zawartość suchej masy w jednostce objętości torfu pobranego w stanie naturalnym bez naruszenia struktury, wyrażona w kg/m^3 lub g/cm^3 , uzależniona jest od zawartości części organicznych i maleje wraz z jej wzrostem oraz od wilgotności i porowatości. Torfy o małej zawartości części mineralnych charakteryzują się mniejszą gęstością niż torfy silnie rozłożone. Przy takiej samej wilgotności torfu gęstość objętościowa wzrasta wraz ze zwiększeniem się stopnia rozkładu. Wyznaczenie gęstości polega na wysuszeniu do stałej masy w temp. 105°C nienaruszonej próbki torfu pobranej cylindrem objętościowym. Gęstość objętościowa torfów wynosi 60-400 kg/m^3 .

4.3. Charakterystyka zawartości wody

Zawartość wody w torfie wyraża się za pomocą wilgotności masowej i objętościowej. Charakterystyczną właściwością torfu w stanie naturalnym jest bardzo duża zawartość wody (do 97%). Specyficznym stanem uwilgotnienia torfu jest pełna pojemność wodna, czyli wilgotność torfu przy jego pełnym wysyceniu wodą. Wykazano, że jest ona mniejsza o 2-4% od porowatości ze względu na niecałkowite usunięcie powietrza z porów glebowych podczas wypełniania torfu wodą.

Grunty wykazują zdolność do przepuszczania wody za pomocą systemu porów, co nazywa się wodoprzepuszczalnością. Właściwość ta została wyrażona przez współczynnik filtracji, który określa zdolność gruntu do przepuszczania wody przy istnieniu różnicy ciśnień. Jego wartość zależy od porowatości, uziarnienia i składu mineralnego gruntu oraz temperatury wody. Oblicza się go na podstawie prawa Darcy'ego, zgodnie z którym współczynnik ten wyraża zależność między spadkiem hydraulicznym a prędkością filtracji wody. Torfy należą do gruntów o niskim współczynniku filtracji, co jest spowodowane ich wysokim stopniem hydrofilności. Do obliczenia wartości współczynnika filtracji stosowane są metody obliczeniowe, laboratoryjne oraz polowe.

4.4. Kurczliwość

Kurczenie się gleby, tzw. skurcz polegający na zmniejszeniu jej objętości na skutek wydzielenia wody, zachodzi w wyniku parowania i innych zjawisk fizykochemicz-

nych (osmoza). Zdolność kurczenia się gruntu jest charakterystyczna tylko dla wilgotnych gruntów spoistych i organicznych (torfy). Na podstawie badań wskazano trzy podstawowe przyczyny, które wywołują zjawisko kurczenia się gruntów: wzrastające ciśnienie wód kapilarnych na skutek wysychania torfu, zmniejszenie się grubości otoczek wodnych cząstek gleby, aż do ich zbliżenia, zmiany, które zachodzą w odwadnianych koloidach glebowych. W wyniku skurczu następuje zmniejszenie objętości i porowatości gruntu, zwiększenie zagęszczenia, spójności i jego wytrzymałości. Powstają spękania, które powodują zwiększenie przepuszczalności i jednoczesne zmniejszenie wytrzymałości gruntu. Przy uwilgotnieniu torfu osiągającemu poziom pełnego nasycenia wodą kurczliwość zachodzi w kierunku pionowym, powodując osiadanie torfowiska. Dalsza utrata wody jest przyczyną powstawania spękań i szczelin na skutek zmian, które zachodzą zarówno w kierunku pionowym, jak i poziomym. Powstawanie szczelin następuje po spadku wilgotności torfu do 65-75%. Proces kurczenia się torfu jest nieodwracalny. Torf charakteryzuje się wysoką kurczliwością, jednak po przekroczeniu pewnej wilgotności krytycznej nie jest w stanie odzyskać wody w przypadku jego nawilgotnienia [4; 8].

5. Mechanizm powstawania torfu

Wszystkie procesy zachodzące na torfowiskach są ściśle związane z ich budową. W 1953 roku została opracowana przez Ivanova hipoteza dwuwarstwowej budowy torfowisk. Wyróżnił on w torfowisku dwie warstwy. Pierwsza z nich to powierzchniowa, żywa, aktywna warstwa torfowiska o głębokości 0,5 m, utworzona przez żywe rośliny; charakteryzuje się zmienną zawartością wody, dużą przepuszczalnością wodną, okresowym napowietrzeniem oraz aktywnością mikrobiologiczną. Zachodzi tu bioakumulacja – proces powstawania torfu. Warstwa ta to *akrotelm*, który pełni funkcję poziomu torfotwórczego torfowiska. Druga warstwa – *katotelm* to położony głębiej, stale nasycony wodą, pozbawiony tlenu i mikroorganizmów tlenowych, martwy pokład torfu. W wyniku narastania torfu jego objętość się zwiększa [11].

Podstawowym procesem zachodzącym na torfowisku jest torfienie – zbiór dowolnych przemian chemicznych i strukturalnych, polegających na niepełnym rozkładzie szczątków roślin bagiennych w warunkach nadmiernego uwilgotnienia i braku dostępu powietrza. Rozkład materii organicznej uzależniony jest od ilości tlenu, temperatury i stopnia wilgotności. Podstawowym warunkiem zachodzenia procesu torfienia jest odcięcie po pewnym czasie dostępu powietrza do resztek roślin. Torfienie prowadzi do wzbogacenia resztek roślin w węgiel i azot, a zubożenia w tlen oraz wodór, który zostaje zużyty na wytworzenie metanu i w niewielkiej części wody. Z tlenu powstaje ditlenek węgla i woda. Proces ten zachodzi w fazie akumulacji substancji organicznej. Zależnie od składu chemicznego wód zalewających torfowisko, od składu gatunkowego roślinności torfotwórczej i stopnia humifikacji ich szczątków powstaje torf o zróżnicowanych właściwościach.

Organiczne szczątki roślinne, które dostają się do gleby, podlegają dwóm podstawowym procesom: mineralizacji i humifikacji. Mineralizacja szczątków organicznych polega na ich rozkładzie do prostych związków mineralnych: ditlenku węgla, wody, amoniaku, jonów siarczanowych, azotanowych i fosforanowych. Jest procesem mikrobiologicznym, którego przebieg zależy od warunków klimatyczno-glebowych, morfologii i składu chemicznego rozkładanego materiału. Prowadzi do zaniku materii organicznej i jest procesem uwalniania składników pokarmowych dla roślin. Większa zawartość ligniny wpływa na spowolnienia procesu rozkładu przez mikroorganizmy. Humifikacja jest bardziej złożona. Polega na przekształceniu szczątków organicznych w glebie w substancje humusowe. Jest procesem biochemicznym zachodzącym z udziałem enzymów wytworzonych przez mikroorganizmy glebowe. Składa się z dwóch etapów: destrukcji materii organicznej i syntezy substancji próchnicznych. Materia organiczna jest magazynowana w postaci humusu glebowego wpływającego na właściwości fizyczne i chemiczne gleb. Procesy mineralizacji i humifikacji zachodzą zawsze w tym samym czasie i stanowią elementy składowe tzw. procesu rozkładu [9].

Wszystkie procesy zachodzące na torfowiskach uzależnione są od ilości występującej na nich wody. W wyniku odwodnienia torfowiska następuje faza decesji – wzmożonego procesu humifikacji i mineralizacji organicznych składników gleb hydrogenicznych, przebiegająca w warunkach zmniejszonego uwodnienia. Powoduje ona osiadanie powierzchni i zagęszczanie powierzchniowych warstw torfu, co jest początkiem procesu murszenia. Częste zmiany wilgotności, oddziaływanie mrozu powodują, iż warstwy torfu kurczą się i pęcznieją, co jest przyczyną zmiany struktury włóknistej torfu na gruzelkową, ziarnistą, o odmiennych właściwościach fizycznych i chemicznych. W konsekwencji zmiany te oraz mineralizacja masy organicznej powodują powstawanie tzw. murszu, zanikanie gleb torfowych i torfowisk oraz zdolności pochłaniania wody [13]. Podaje się, że na świecie odwodniono 7-13%, w Niemczech 86%, a w Polsce 70-85% powierzchni torfowisk [14]. Zabiegi melioracyjne spowodowały znaczne obniżenie się wód gruntowych na torfowiskach i terenach do nich przyległych. Niedostateczna ilość wody w okresie letnim powodowała spadek plonowania łąk i uproszczenie struktury zbiorowisk łąkowych – kiedyś bogatych w składniki mineralne, co było przyczyną tworzenia się monokultur. Odwodnienie torfowisk prowadzi do wzrostu rozkładu substancji organicznych, emisji ditlenku węgla i związków azotu. Związki organiczne zawarte w glebie, które przed zmeliorowaniem wpływały na żyzność gleby, po jej odwodnieniu nie są wykorzystywane przez rośliny, ale także są źródłem zanieczyszczenia powietrza i wody.

Jako ciekawostkę warto dodać, że wykopaliska archeologiczne na torfowiskach dostarczyły wielu interesujących informacji. Woda z dużą zawartością kwasów humusowych dobrze zakonserwowała drewno dawnych domów, obwarowań i dróg (przykład stanowi znaleziona na torfowisku w Holandii drewniana droga z neolitu). Istnieje również wiele dowodów potwierdzających właściwości mumifikacyjne torfu. Szczególną, rzadką i niezwykłą grupę stanowią mumie ludzkie, zwane „torfo-

wymi ludźmi?”. Zaskakującym odkryciem było zachowane w świetnym stanie ciało człowieka z Tollund (tzw. Tollund Man), odkryte 6 maja 1950 roku na duńskim torfowisku. Obecnie mumia znajduje się w Silkeborg Museum w Danii [15]. Na stronie internetowej powstałej przy współudziale Silkeborg Museum [16] można znaleźć zdjęcia i dane dotyczące tego znaleziska, a także innych odkryć.

6. Główne kierunki wykorzystania torfu

6.1. Torf w ogrodnictwie i rolnictwie

Od dawna torfy były używane jako podłoża organiczne samodzielne, jako substraty do sporządzania mieszanek nawozowych torfowo-mineralnych oraz stanowiły składnik ziem ogrodniczych [17]. Do celów ogrodniczych wykorzystywane są torfy wysokie oraz przejściowe, gdyż wykazują wiele zalet: mały ciężar objętościowy wynoszący 0,1-0,2 kg/dm³ (sprzyja kiełkowaniu i wzrostowi roślin), dużą pojemność wodną (torf może wchłonąć ok. 400 dm³ wody/m³, a następnie stopniowo udostępniać ją roślinom), silnie kwaśny odczyn i jałowość (pH < 4,5 nie pozwala na rozwój mikroorganizmów glebowych, a brak składników pokarmowych umożliwia kontrolowane nawożenie w zależności od potrzeb roślin w danych fazach rozwojowych). Torf wykorzystywany w ogrodnictwie wymaga odkwaszenia do pH 5,5-6,0 za pomocą CaCO₃ w ilości 8-10 kg/m³ torfu oraz nawożenia makro- i mikroskładnikami [18]. Torfy niskie ze względu na szereg wad: skłonność do zasklepiania, utratę struktury przy przesuszaniu, niepowtarzalność cech z poszczególnych złóż wykorzystywane są jedynie do sporządzania mieszanek podłożowych, kompostowania organicznych odpadów przemysłowych (kora, celuloza), komunalnych i rolniczych. Dawniej torf ogrodniczy był także stosowany do przechowywania łatwo psujących się warzyw i owoców, gdyż chłonec wilgoć, chronił produkty przed gniciem i zwiększał ich trwałość.

W Polsce torf jest powszechnie stosowany jako podłoże do produkcji pieczarek, gdyż charakteryzuje się dużą pojemnością wodną 200-300%, wilgotnością 65-70%, zawiera mało składników odżywczych, co umożliwia kontrolę nawożenia, jest sterylny. Torf ogrodniczy stanowi ok. 18% torfu wykorzystywanego na świecie. Z roku na rok wzrasta zainteresowanie wykorzystaniem torfu w ogrodnictwie, dlatego też poszukiwane są jego substytuty o korzystnych właściwościach. Obecnie zainteresowanie wzbudziły włókna drzewne i kora, których zaletami są: odnawialność surowca oraz znaczne zasoby. Zwiększa się także ilość stosowanych torfów niskich, które wraz z innymi komponentami podnoszą jakość mieszanek podłożowych. W Kanadzie prowadzone są badania nad uzyskaniem surowca do produkcji podłoży stosowanych w kwaciarstwie, sadownictwie i warzywnictwie. Badania te polegają na wprowadzeniu mchów torfowych na obszary poeksploatacyjne torfu i wytworzeniu przez nie humusu, który stanowi odnawialne źródło materii organicznej. Zrezygnowanie z podłoży torfowych na rzecz innych substytutów nie jest proste. Torf jest

uniwersalny, natomiast nowe podłoża najczęściej przeznaczone są dla konkretnych roślin [19; 20]. Obecnie z torfów wysokich wytwarzane są: mieszanki torfowo-mineralne (nawozowe), substraty torfowe, doniczki celulozowo torfowe (w których składzie jest 72% torfu, 25% celulozy, 3% substancji wiążących oraz mocznik), krążki prasowanego torfu (tzw. pęczniejące doniczki torfowe Jiffy strips), podłoża mieszane, okrywy do pieczarek oraz przenośne trawniki torfowe.

Do wyrobów z torfu dla rolnictwa zalicza się: ściółkę torfową, torf rolniczy, komposty torfowe. Ściółka torfowa jest stosowana w hodowli zwierząt ze względu na dużą chłonność płynów i gazów, małe przewodnictwo cieplne i bakteriobójcze własności [21]. Podczas nawożenia torfem rolniczym ważny jest jego gatunek, gdyż nie każdy torf przyczynia się do zwiększania produkcji roślinnej. Kwaśne o małej popielności torfy wysokie i przejściowe hamują wzrost roślin. Dobrze rozłożone, zawierające dużą ilość składników pokarmowych i związków wapnia torfy niskie bardzo dobrze nadają się do nawożenia gleb kwaśnych, zbielicowanych. Nawożenie torfem wywiera także korzystny wpływ na strukturę gleby. Gleby lekkie stają się bardziej zwarte, żyzniejsze, lepiej zatrzymują wodę. Natomiast gleby ciężkie na skutek nawożenia torfem mają bardziej rozluźnioną strukturę, są pulchniejsze i przewiewne, czyli bardziej żyzne. Wśród nawozów torfowych największe znaczenie mają komposty. Najczęściej wytwarzany jest kompost torfowo-obornikowy w stosunku torf : obornik od 1:1 do 2:1. Do jego cech charakterystycznych należą: zapach świeżej ziemi, barwa brązowa, jednorodność masy organicznej, wilgotność 60-75%, pH 6,8-7,8, popielność do 35%, temp. 35-60°C. Stosowany jest do nawożenia gleb.

Mniej znane zastosowanie surowca torfowego polega na wykorzystaniu go jako biostymulatora oraz bioinhibitora wzrostu organizmów żywych w rolnictwie. Frakcje wyodrębnione z torfu, ze względu na ich aktywność biologiczną, podzielono na 3 grupy: niewykazujące aktywności biologicznej, o aktywności biologicznej przejawiającej się hamowaniem procesów wzrostowych u roślin i niższych zwierząt oraz o aktywności biologicznej polegającej na stymulacji procesów rozwojowych u roślin i zwierząt. Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że frakcja stymulująca przyspiesza wzrost i zakorzenienie roślin, powoduje wyżkę plonów, a oprysk rośliny powoduje zmniejszenie ilości grzybów pasożytniczych oraz ogranicza choroby wirusowe, np. pomidorów i astrów. Biostymulatory zastosowane jako dodatek do paszy zwierząt hodowlanych (cieląt, trzody chlewnej) spowodowały wzrost dziennych przyrostów masy. Torf może być stosowany jako suplement diety w żywieniu prosiąt, gdyż zapobiega biegunkom, korzystnie wpływa na skład mikroflory przewodu pokarmowego, wzmacnia działanie układu odpornościowego, zapobiegając infekcjom wirusowym. Stosowanie wyciągu z torfu w żywieniu zwierząt nie ma na celu dostarczenia energii, lecz przede wszystkim zapewnienie korzyści zdrowotnych [21].

6.2. Torf jako paliwo

Duża zawartość części organicznych pozwala na wykorzystanie torfu jako materiału opałowego. Wartość opałowa torfu wzrasta wprost proporcjonalnie do stopnia jego

rozkładu, natomiast woda i związki mineralne tworzące popiół wywierają niekorzystny wpływ na ciepło spalania. Wraz ze wzrostem wilgotności torfu spada jego wartość energetyczna. Przy zawartości 25% wody w torfie wartość opałowa wynosi 14,3 MJ/kg, a przy zawartości 50% wody – tylko 8,7 MJ/kg. Torf to ekologiczne paliwo, które coraz częściej znajduje zastosowanie obok tradycyjnych paliw. Porównanie wartości opałowej paliw stałych przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wartość opałowa i zawartość popiołu tradycyjnych i odnawialnych paliw stałych

Rodzaj paliwa		Wartość opałowa [MJ/kg]	Zawartość popiołu [%]
Odnawialne	drewno opałowe	8-15	1-2
	torf	11,7-15,5	5-15
	brykiet drzewny	17-21	< 1,5
	słoma zbożowa	14-15	4
Tradycyjne	węgiel brunatny	7,5-21	10-20
	węgiel kamienny	16,7-29,3	5-30
	koks	30-35	9-12

Źródło: opracowanie własne.

Wśród wyrobów z torfu dla celów opałowych wyróżnia się: torf rozdrobniony (frezowany), torf cegiełkowy (kawałkowy), brykiety torfowe, półbrykiety torfowe, podpałkę torfową. Torf opałowy, głównie frezowany i cegiełkowy, stanowi ok. 82% torfu wykorzystywanego na świecie. Torf frezowany, będący mieszaniną ziaren torfu o wielkości mniejszej niż 30 mm, uzyskiwany jest z torfowisk niskich przez frezowanie z torfu o stopniu rozkładu nieprzekraczającym 30%, o zawartości wody ok. 35% i popielności nieprzekraczającej 20%. W zależności od typu torfu oraz właściwości fizycznych i chemicznych torf frezowany stosowany jest jako paliwo w elektrowniach opalanych torfem oraz jako półprodukt do dalszego przerobu, głównie do produkcji brykietów. Torf cegiełkowy uzyskuje się z trzech typów torfu przez wycinanie ze złoża cegiełek o określonej wielkości lub przez wymieszanie masy torfowej i ich uformowanie. Jako produkt gotowy charakteryzuje się wilgotnością do 35% oraz wartością opałową ok. 11 MJ/kg. Dawniej stosowany był jako podstawowe paliwo na terenach przyległych do torfowisk [17]. Do krajów Unii Europejskiej, które produkują i wykorzystują torf opałowy, zalicza się przede wszystkim: Finlandię, Irlandię, Szwecję i Estonię. W największych ilościach torf spalany jest w elektrowniach w Finlandii, Irlandii i Rosji. Jedynie w Niemczech, Kanadzie, Stanach Zjednoczonych, Norwegii nie wykorzystuje się torfu do celów energetycznych. Od 1967 roku także w Polsce obowiązuje zakaz wydobywania torfu na cele

opałowe, dlatego dostępne w naszym kraju paliwa torfowe pochodzą głównie z Litwy, Białorusi i Łotwy [22; 23]. W wyniku rozwoju nowych technologii oraz ograniczenia dostępu do konwencjonalnych źródeł energii coraz szersze zastosowanie znalazły odnawialne źródła energii. Obecnie ich udział, a w tym i torfu, w bilansie paliwowo-energetycznym świata wynosi ok. 14% [24].

Ekologicznym paliwem doskonale zastępującym węgiel kamienny okazały się brykiety torfowe. Dzięki nowoczesnej technologii brykietowania pod wysokim ciśnieniem z rozdrobnionego i wysuszonego paliwa, bez dodatku substancji wiążących, można otrzymać torf w zwartych kawałkach o korzystnej postaci, które nadają się do spalania we wszelkiego rodzaju piecach. Brykiety torfowe produkowane są z ekologicznie czystego surowca, przez co torf zalicza się do biomasy. Do tego celu używany jest torf typu niskiego i przejściowego o cieple spalania ok. 20 MJ/kg, popielności poniżej 15% i stopniu rozkładu powyżej 30%. Otrzymane w ten sposób brykiety torfowe charakteryzują się dużą wytrzymałością na kruszenie, nasiąkliwością, wysoką wartością opałową oraz niezmiennym kształtem. Wykorzystywane są jako twarde paliwo w piecach, kominkach, kotłach grzewczych, do ogrzewania pomieszczeń mieszkalnych i przemysłowych. Ze względu na to, że brykiety wytwarzane są z ekologicznie czystego surowca, przy ich spalaniu nie wydziela się dym i sadza. Dają dużo żaru i utrzymują temperaturę, co jest najbardziej pożądane przy spalaniu paliwa stałego. Powstały na skutek spalania popiół stanowi nawóz potasowo-fosforowy wykorzystywany w ogrodnictwie. Popiół torfowy dzięki zawartym mikroelementom: B, Zn, Mn, Fe, Na, Mo, S, Mg, chroni rośliny przed czynnikami chorobotwórczymi oraz wspomaga proces dojrzewania. Znaczenie brykietów w Polsce jako paliwa na lokalnych rynkach wzrasta. Stosunkowo niewielki próg finansowy inwestycji, wzrostowy rynek i zgodność z trendami ochrony środowiska skłania wielu producentów do rozpoczęcia produkcji tego typu paliwa. Dostępne na naszym rynku brykiety torfowe pochodzą głównie z Białorusi, Ukrainy, Litwy i Łotwy. Wyrobem o podobnym zastosowaniu są półbrykiety torfowe. Od brykietów różnią się niższą wartością opałową (17 MJ/kg) oraz wyższą wilgotnością (ok. 18%).

Obecnie na rynku dostępne jest paliwo opałowe w postaci tzw. pelet torfowych. Pelety to granulaty produkowane głównie z odpadów drzewnych: trocin, wiórów czy zrębków sprasowanych pod wysokim ciśnieniem, bez dodatku lepiszcza. W niektórych regionach świata pelety produkuje się z łupin orzechów, pestek słonecznika, tytoniu, owsa oraz torfu. Powstają w wyniku sprasowania surowca pod wysokim ciśnieniem, a następnie wytłoczenia małych rolek o średnicy od 6 do 12 mm i długości kilku centymetrów. Zawierają bardzo mało zanieczyszczeń i wilgoci, co zapewnia optymalny poziom spalania. Pelety są przyszłościowym paliwem ze względu na swoje walory ekologiczne, a także niewielkie rozmiary, co umożliwia znaczne zautomatyzowanie procesu spalania. Doskonale nadają się do małych instalacji, niewielkich kotłowni w budynkach użyteczności publicznej oraz instalacji w domach jednorodzinnych. Jest to paliwo o relatywnie niskiej emisji gazów podczas spalania, porównywalnej z węglem. Pelety torfowe stanowią doskonały substytut dla węgla

wykorzystywanego w elektrowniach. Również stosowane są w zastępstwie oleju opałowego do ogrzewania budynków. Stanowią konkurencyjne paliwo ze względu na wysoką jakość oraz cenę porównywalną z ceną węgla czy oleju. W wyniku optymalizacji procesu spalania zarówno słoma pszeniczna, jak i torf stanowią alternatywne dla drewna surowce do produkcji pelet [25]. W ciągu ostatnich trzech lat rynek peletów bardzo dynamicznie rozwija się w Europie, głównie w Szwecji, Danii, Finlandii, Austrii, Niemczech i we Włoszech oraz w Kanadzie i Stanach Zjednoczonych. W krajach Unii Europejskiej przyjęto własne postanowienia dotyczące energetyki odnawialnej. Jednym z nich jest Biała Księga „Energia dla przyszłości – odnawialne źródła energii” z 1997 roku, w której założono, że do roku 2010 udział odnawialnych źródeł energii (OZE) w bilansie energetycznym krajów członkowskich zwiększy się dwukrotnie i wyniesie 12%. Rządy państw unijnych promują energetykę odnawialną na wiele różnych sposobów: gwarantując określony poziom zakupu energii odnawialnej, stwarzając ulgi podatkowe dla jej producentów, opodatkowując surowce konwencjonalne. Polski Sejm przyjął w roku 2001 Strategię Rozwoju Energetyki Odnawialnej – dokument przewidujący 7,5% udział OZE w bilansie energetycznym kraju w roku 2010 i 14% dziesięć lat później [26].

6.3. Torf w ochronie środowiska

Torf dzięki gąbczastej strukturze, dużej porowatości oraz powierzchni czynnej znalazł zastosowanie w inżynierii ochrony środowiska. Jest to produkt naturalny, stosunkowo niedrogi, a dzięki specyficznym właściwościom powierzchniowym wykorzystywany do otrzymywania sorbentów, które mają zdolność do adsorbowania związków nieorganicznych i organicznych z roztworów i gazów. W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania torfem jako materiałem filtracyjnym, który wykorzystywany jest przy oczyszczaniu ścieków komunalnych i przemysłowych, do uzdatniania wody, jako adsorbent zanieczyszczeń powietrza, płynów i ciał stałych. Filtr torfowy usuwa ze ścieków substancje rozpuszczone, związki organiczne (detergenty, pestycydy, barwniki, produkty ropopochodne), metale ciężkie (Sb, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Hg, Ni, Ag, Zn), związki fenolowe, a także bakterie chorobotwórcze. Wykorzystywany jest do ochrony środowiska przyrodniczego przed niebezpiecznymi skażeniami.

6.3.1. Torf jako złożo filtracyjne

Torf znalazł zastosowanie w metodzie oczyszczania ścieków z wykorzystaniem filtracji przez złoża mineralno-organiczne. Znaczne obniżenie poszczególnych wskaźników zanieczyszczeń ze ścieków pozwoliło na jego wykorzystanie do podczyszczania ścieków z zakładów mięsnych metodą filtracji przez złoża torfowo-kredowe. Odpady powstające w zakładach mięsnych w wyniku nieskutecznego oczyszczania wywierają negatywny wpływ na środowisko. Ścieki pochodzące z przemysłu mięs-

nego zawierają substancje organiczne (tłuszcze, białka), zawiesiny, bakterie i dlatego nie mogą być odprowadzane bezpośrednio do kanalizacji. Nakłada to na zakłady tej branży obowiązek wstępnego podczyszczania ścieków na ich terenie. Coraz większe zainteresowanie budzi wykorzystanie środowiska glebowego jako naturalnego filtru. Najlepiej do tego celu nadają się gleby torfowe, które charakteryzują się właściwościami bakteriobójczymi. W procesie oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego substancje pokarmowe ulegają rozkładowi i trafiają do osadów, gdzie w wyniku ich unieszkodliwiania są bezpowrotnie tracone. Metoda filtracji przez złoża torfowe pozwala oddzielić białka i tłuszcze, które można pożytecznie zagospodarować. Złoża filtracyjne razem z zaadsorbowanymi substancjami pokarmowymi są wykorzystywane jako dodatek do pasz dla zwierząt futerkowych lub przeznaczane na kompost. Eliminuje to problem większości oczyszczalni, jakim jest zagospodarowanie osadu nadmiernego. Proces filtracji przez złoża torfowe pozwala na obniżenie wskaźników zanieczyszczeń: ChZT o 74%, BZT₅ o 87%, zawiesiny o 61%, tłuszczu o 22%, białka o 37%. Dodatkowo zastosowanie filtracji przez złoża torfowo-kredowe powoduje 3,5-krotnie większe obniżenie zawartości tłuszczu i 1,3-krotnie białek niż w przypadku stosowania złoża torfowego. Metoda podczyszczania ścieków przez złoża glebowe jest tania, gdyż nie wymaga budowania kosztownych instalacji, a niższy ładunek zanieczyszczeń pozwala na obniżenie opłat za odprowadzenie ścieków do oczyszczalni komunalnych. Problemem w tej metodzie jest skażenie mikrobiologiczne złoża torfowo-kredowego z zaadsorbowanymi substancjami w przypadku dłuższego przechowywania. Wymagane jest stosowanie silnych konserwantów w celu zapewnienia bezpieczeństwa mikrobiologicznego (np.: kwas mlekowy do utrwalania ziół po filtracji ścieków rybnych). Wstępnie podczyszczone ścieki przesyłane są do dalszego oczyszczania [27]. Złoża torfowe znalazły także zastosowanie w oczyszczalniach ścieków bytowych [8].

Torf to również bardzo dobry wypełniacz filtrów stosowanych w biofiltracji lotnych związków organicznych. Jako materiały biofiltracyjne stosowane są rozdrobnione złoża porowate o dużej powierzchni wewnętrznej, zdolności zatrzymywania wody i gęstości zasiedlenia przez mikroorganizmy [28]. Oprócz torfu do tego celu nadają się: komposty, rozdrobniona kora, wióry drzewne, słoma, żyzna gleba o spulchnionej strukturze. Złoża miękkie, do których zalicza się torf, zawierają czynnik usztywniający, który ma zapobiegać ich osiadaniu, np.: piankę poliuretanową, wióry, perlit (podłoże w formie granulatu o strukturze twardej, porowatej, mineralnej gąbki, otrzymywane przez wysokotemperaturową obróbkę glinokrzemianów wulkanicznych). W wyniku doprowadzenia do nawilżonego złoża gazu z lotną substancją organiczną zanieczyszczenia zostają zaadsorbowane, a następnie pochłonięte, stając się pożywieniem dla mikroorganizmów. Po pewnym czasie oczyszczony gaz dostaje się do warstwy wylotowej złoża. Biofiltracja stosowana jest w przetwórnictwie olejów, wytwórniach pasz, smażalniach ryb, składach odpadów, przy utylizacji pierza, w topialniach tłuszczów, fabrykach mączki rybnej, wytwórniach żelatyny, zakładach mięsnych, oczyszczalniach ścieków komunalnych i przemysłowych, fa-

brykach klejów, przetwórnich kości, wędzarniach, ubojniach, zakładach tytoniowych, palarniach kawy i kakao, kompostowniach, fermach, odlewniach, lakierniach, składach paliw [29]. Stosowana jest również do oczyszczania gazów odlotowych zanieczyszczonych styrenem, pochodzących z procesów okresowej produkcji wyrobów z tworzyw sztucznych. Ważnymi czynnikami warunkującymi przebieg procesu jest odpowiednie nawilżenie złoża. Zarówno hydrofobizacja złoża (niedowilżenie), jak i nadmierne jego nawilżenie przyczyniają się do wzrostu oporów przepływu i spadku sprawności biooczyszczania [30]. Biofiltry ze złożem torfowym są wykorzystywane również do usuwania etylenu z powietrza w przechowalniach owoców lub z gazów odlotowych w zakładach przemysłowych [31].

Nie tylko torf spełnia ważną funkcję, chroniąc środowisko przed szkodliwymi czynnikami, ale także torfowiska razem z występującą na nich roślinnością. Pełnią one funkcję filtra biologicznego, który oczyszcza coraz to bardziej skażoną wodę. Usuwanie szkodliwych substancji zachodzi za pośrednictwem torfu i roślinności bagiennej. Rośliny te usuwają z wody fenol, cyjanki, tiocyjaniany, związki rtęci, a wydzieliny z ich korzeni mają działanie bakteriobójcze. W tkankach roślinności bagiennej następuje gromadzenie soli fosforowych, potasowych, wapniowych, magnezowych, żelazowych oraz mikroelementów (mangan, cynk, miedź). Torfowiska odkażają środowisko z toksycznych substancji organicznych i nieorganicznych oraz bakterii chorobotwórczych, polepszając stan sanitarny wody. W wyniku akumulacji składników mineralnych powodują deeutrofizację środowiska.

6.3.2. Torf jako adsorbent metali ciężkich

Torf dzięki specyficznym właściwościom fizykochemicznym (porowatości – 95%, dużej powierzchni właściwej – większej niż 200 m²/g) oraz sorpcyjnym (zawartości reaktywnych grup funkcyjnych, zdolności wymiany kationów) znalazł zastosowanie jako sorbent w procesach adsorpcji w uzdatnianiu wody i oczyszczaniu gleby z metali ciężkich. Adsorpcja na sorbentach syntetycznych (węglach aktywnych, wymieniaczach jonowych) należy do efektywnych, ale drogich metod usuwania zanieczyszczeń. To przyczyniło się do poszukiwania naturalnych i tanich odpadowych surowców mineralnych bogatych w materię organiczną, o dużej pojemności sorpcyjnej w stosunku do jonów metali ciężkich [32; 33].

Wśród najbardziej trwałych i niebezpiecznych zanieczyszczeń, które łatwo migrują w środowisku wodnym i glebowym, wyróżnia się metale ciężkie. Dostają się one do wód głównie ze ściekami przemysłowymi oraz miejskimi. W wodzie mogą występować w postaci jonowej, kompleksów mineralnych i organicznych, koloidalnej, zaadsorbowanej na koloidach oraz na mineralnych i organicznych zawiesinach. Metale ciężkie uważane są za substancje bezpośrednio zagrażające zdrowiu ludzi i ekosystemom ze względu na ich potencjalnie wysoki stopień toksyczności. Nie ulegają one biologicznej degradacji w środowisku i mają tendencję do akumulowania się w organizmach żywych, na skutek czego wchodzą w skład łańcuchów troficz-

nych. Pierwiastki: Ni, Cu, Zn, Cd, Cr, Mn, Fe, Co, Al, Pb i Hg należą do grupy metali szczególnego traktowania, gdyż są toksyczne i nie ulegają rozkładowi jak związki organiczne. W 2002 roku do środowiska wprowadzono 500 ton metali: Cd, Cu, Ni, Zn, które stanowiły ok. 42% wszystkich wprowadzonych metali [34-36].

Kwasy humusowe i fulwowe zawarte w torfie uważane są za główne składniki wiążące jony metali. Na podstawie badań stwierdzono, że kationy w podłożu torfowym mogą być wymieniane na jony metali z roztworu. Wykazano, iż głównymi centrami sorpcyjnymi w torfie są grupy karboksylowe i hydroksylowe, w których kationy metali są zastępowane jonami H^+ . Ze względu na polarny charakter torf wykazuje bardzo dobrą zdolność do adsorpcji jonów metali oraz cząstek organicznych. Obecność grup kwasowych, a także jego duża powierzchnia właściwa pozwalają na wykorzystanie torfu jako adsorbentu jonów metali ciężkich (Hg, Cd, Zn, Pb, Cu, Cr dla szerokiego zakresu stężeń w roztworze). Mechanizm adsorpcji jonów metali na torfie oparty jest na zjawiskach adsorpcji fizycznej, wymianie jonowej, chelatacji, reakcjach chemicznych z grupami hydroksylowymi fenoli. Pojemność adsorpcyjna torfu zależy od jego rodzaju, pH, stężenia jonów metali oraz obecności innych ligandów, i może zostać zwiększona dzięki procesom aktywującym. Jest ona podobna do zdolności sorpcyjnych innych naturalnych sorbentów i minerałów ilastych, zeolitów, jednak silnie zależy od pH roztworu, który oprócz stężenia jonów metali jest kluczowym parametrem procesu [37]. Wraz ze wzrostem pH następuje wzrost sorpcji metali. Optymalne pH procesu sorpcji jest różne dla różnych jonów metali jednak dla większości dwudodatnich kationów zawiera się w przedziale 3,5-6,5. Metody rutynowo stosowane do usuwania jonów metali są często kosztowne, natomiast torf jest tanim, łatwo dostępnym, naturalnym materiałem coraz częściej wykorzystywanym jako wydajny, o wysokiej pojemności wymiany jonów, sorbent metali ciężkich [28, 38]. Torf jest wykorzystywany jako sorbent do usuwania skutków wycieku produktów ropopochodnych przy zanieczyszczeniu gleb tymi substancjami.

6.4. Torf w medycynie i kosmetologii

Już od dawna były znane właściwości lecznicze i kosmetyczne torfu, co przyczyniło się do rozwoju dziedziny, jaką jest balneologia. Nauka, która zajmuje się właściwościami i zastosowaniem naturalnych środków leczniczych: wód leczniczych, gazów i peloidów oraz klimatologią, czyli całokształtem zagadnień dotyczących lecznictwa uzdrowiskowego.

Torf balneologiczny, określane jako borowina, pochodzi z nieodwodnionego torfowiska o stopniu humifikacji wyższym niż H_3 . Zawiera więcej niż 75% substancji organicznych w przeliczeniu na suchą masę, wykazuje właściwości chemiczno-fizyczne i mikrobiologiczne odpowiednie dla surowców leczniczych [39]. Na skutek rozdrobnienia i zmieszania z wodą peloidy tworzą papkę o właściwościach leczniczych. Borowina jest peloidem powszechnie stosowanym w Polsce i drugim po wodach leczniczych środkiem naturalnym wykorzystywanym w uzdrowiskach. Na

jej przydatność do zabiegów leczniczych nie ma wpływu rodzaj torfu, lecz przede wszystkim jego właściwości fizykochemiczne. O właściwościach leczniczych torfu balneologicznego decydują przede wszystkim: słabe przewodnictwo cieplne masy torfowej, chłonność wody, zdolność sedymentacyjna oraz własności sorpcyjne. Torfy stosowane w lecznictwie muszą charakteryzować się czystością mikrobiologiczną ($Miano\ Coli > 1$). Zdolność do zatrzymywania ciepła spowodowana jest niewielkim przewodnictwem cieplnym borowiny, dużą pojemnością cieplną oraz brakiem prądów konwekcyjnych, co pozwala na podgrzanie masy borowinowej do temp. $42^{\circ}C$ bez uczucia parzenia. Dzięki tym właściwościom termicznym borowina stale utrzymuje wymaganą temperaturę. Do zabiegów stosowana jest podgrzana, rozdrobniona borowina o średnicy ziaren 2 mm (po podgrzaniu borowiny do temp. $50^{\circ}C$ zachodzą niekorzystne zjawiska niszczące jej właściwości katalityczne, a powyżej $80^{\circ}C$ jej właściwości biologiczne, fizyczne i chemiczne). Maksymalna ilość wody, którą może wchłonąć torf w przeliczeniu na 1,0 g suchej masy (chłonność wody) uzależniona jest od ilości kwasów huminowych. Wraz ze wzrostem stopnia rozkładu borowiny i zawartości kwasów huminowych, chłonność wody zwiększa się. O właściwościach koloidowych borowiny oraz o jej zdolności do pęcznienia decyduje objętość sedymentacyjna (dobrze rozłożonej borowiny wysokiej wynosi $45\text{ cm}^3/g$, a w borowinach niskich $10\text{-}25\text{ cm}^3/g$ s.m.). Borowina, która jednocześnie wykazuje dużą chłonność wody i objętość sedymentacyjną, charakteryzuje się dobrymi właściwościami sorpcyjnymi. Dzięki tym właściwościom w kontakcie borowiny ze skórą możliwa jest adsorpcja wydzielanych przez skórę substancji, jej oczyszczanie i przygotowanie na działanie czynników aktywnych [40; 41].

Ważną rolę odgrywa także sposób składowania borowiny w magazynie. W ciągu roku borowina traci 25-35% zdolności wiązania wody, mimo zachowania przeciętnej wilgotności powietrza i temperatury do $20^{\circ}C$. Nie należy przechowywać jej na wolnym powietrzu, gdyż na skutek przegrzania, wysuszenia, przemrożenia, wypłukania traci ona w ciągu 6 miesięcy większość wartości terapeutycznych i jest narażona na zanieczyszczenia chemiczne i bakteriologiczne [42].

6.4.1. Rodzaje preparatów borowinowych

Borowina jest wykorzystywana jako surowiec do produkcji pasty borowinowej leczniczej, zwanej peloidyną w postaci jednolitej masy, barwy brunatnoczarnej z połyskiem, o słabym ziemistym zapachu i konsystencji gęstej papki nieoddzielającej warstwy wody. Podczas rozcierania preparat rozprowadza się gładko, równomierną warstwą i nie wykazuje ziarnistości. Pasta otrzymywana jest przez odpowiednie rozdrobnienie, uwodnienie i homogenizację borowiny naturalnej. Procesy te powodują zmianę jej właściwości fizycznych i zwiększenie aktywności farmakologicznej. Borowina jest również wykorzystywana w postaci kostki borowinowej iwonickiej (mieszanki borowiny i soli jodobromowej iwonickiej), która dzięki właściwościom alkalizującym zwiększa rozpuszczalność kwasów humusowych i zwiększa efek-

tywność leczniczą zabiegu. Ekstrakt borowinowy jest także stosowany do produkcji różnego rodzaju preparatów farmaceutycznych i kosmetycznych. Wytwarzane są żele i maści do wcierań, pasty do zębów, szampony i kremy, a także preparaty doustne w formie tabletek i płynów. Oprócz wymienionych produktów otrzymywanych z borowiny, w przemyśle farmaceutycznym, na szeroką skalę, wykorzystywany jest torf ze specjalnie wybranych torfowisk wysokich. Wysuszony i rozdrobniony stosowany jest jako materiał chłonny do wyrobu materaców dla niemowląt i osób obłożnie chorych.

6.4.2. Działanie lecznicze borowiny

Działanie lecznicze borowiny polega przede wszystkim na wykorzystaniu jej specyficznych właściwości termicznych, mechanicznych, fizykochemicznych, hormonalnych, enzymatycznych, immunomodulacyjnych, bodźcowych oraz bakteriobójczych. Do ważniejszych należy działanie ciepłe, polegające na przegrzaniu tkanek, które wywołuje wzrost metabolizmu komórkowego, rozszerzenie naczyń włosowatych i głębokich naczyń obwodowych, przekrwienie mięśni, blizn, zrostów i stawów, co jest efektem rozluźnienia napięć, zmniejszenia bólu, zwiększenia elastyczności mięśni i ruchomości stawów. Dzięki właściwościom sorpcyjnym borowiny zachodzi wydalanie przez skórę produktów ubocznych przemiany materii, a także wchłanianie składników mineralnych organicznych w niej się znajdujących. Związki zawarte w borowinie wpływają na receptory układu nerwowego tkanki podskórnej, powodując pobudzenie procesów odpowiedzialnych za likwidację ognisk zapalnych. Zwiększona przemiana materii i przekrwienie tkanek ułatwiają wchłanianie do krwi i chłonki produktów wywołujących stany zapalne, a następnie ich usunięcie z organizmu. Działanie mechaniczne zabiegów wywołane jest naciskiem masy borowinowej na ciało, co powoduje odpływ krwi żyłnej i chłonki, a podrażniający skórę wpływ borowiny zbliżony jest do masażu. Działanie chemiczne wywołują zawarte w borowinie składniki organiczne. Ponadto borowina działa ściągająco i odkażająco na skórę, poprawia oddychanie tkankowe, podnosi odporność na zakażenie gronkowcowe i paciorkowcowe skóry, regeneruje naskórek, nawilża skórę i zmniejsza jej łuszczenie.

6.4.3. Zastosowanie terapeutyczne borowiny

Borowiny mają bardzo szerokie zastosowanie. Powszechnie są wykorzystywane w leczeniu schorzeń reumatycznych oraz narządu ruchu. Stosowane są także w przewlekłych zespołach bólowych dolnego odcinka kręgosłupa, przyczyniając się do znacznego zmniejszenia bólów i zwiększenia ruchomości kręgosłupa. Terapia borowinowa stosowana jest także w chorobach układu nerwowego, w chorobach wewnętrznych oraz układu oddechowego. Zawarte w torfach substancje hormonalnie czynne są wykorzystywane w leczeniu schorzeń kobiecych. Odpowiednio spreparowana borowina znalazła także zastosowanie w stomatologii w leczeniu zapa-

lenia tkanki przyzębia oraz w dermatologii w leczeniu łuszczycy. Niestety, mimo tak wielu możliwości terapeutycznego zastosowania borowiny, istnieje także wiele przeciwwskazań do jej wykorzystywania. Zabiegów borowinowych nie można wykonywać przy ostrych stanach zapalnych, skłonności do krwawień z narządów wewnętrznych, niewydolności krążenia, miażdżycy, gruźlicy, nowotworach łagodnych i złośliwych, gorączce, cukrzycy, niedokrwistości, ciąży. Wzrost różnorodności oferowanych preparatów borowinowych w ostatnich latach przyczynił się do zwiększenia skuteczności i zakresu terapii [40].

7. Osiągnięcia prof. Stanisława Tolpy w zakresie torfoznawstwa

Stanisław Tolpa (1901-1996) to wybitny naukowiec, który stworzył polską szkołę torfoznawstwa i przyczynił się do rozwoju nauk przyrodniczych. Kierował Pracownią Biologii i Biochemii Torfu w Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Opracował obowiązującą do dziś w Polsce i Europie Środkowej klasyfikację torfów. Pod jego kierunkiem zbadano bagna i torfowiska w Dolinie Biebrzy, na Mazurach i na Lubelszczyźnie. Jego badania przyczyniły się do uchwalenia ustawy o ochronie złóż torfowych w Polsce. Jest autorem ponad 100 publikacji naukowych z florystyki, ekologii torfowisk i roślin torfowiskowych, teoretycznych i praktycznych aspektów torfoznawstwa w Polsce oraz podręczników z botaniki. Największą sławę przyniosły mu wieloletnie badania nad bioaktywnymi właściwościami torfu oraz substancjami biologicznie czynnymi. Badania te pozwoliły na otrzymanie preparatu torfowego Tolpy (PTT), który zwiększa odporność immunologiczną organizmu ludzkiego, oraz zarejestrowanie go przez Komisję Leków jako immunomodulatora. Preparat miał leczyć nowotwory, jednak jego przeciwnowotworowe działanie nigdy nie zostało potwierdzone. Patent na przetwarzanie preparatu prof. Tolpa przekazał ówczesnej Akademii Rolniczej we Wrocławiu, a kontynuowaniem jego badań zajęli się pracownicy Torf Corporation wraz z lekarzami i naukowcami różnych specjalności [43].

8. Torf Corporation – Fabryka Leków Sp. z o.o. jako wiodący zakład w produkcji preparatów na bazie wyciągu torfowego

Firma Torf Corporation Fabryka Leków Sp. z o.o. powstała w 1989 roku. Jest firmą polską, której udziały są w posiadaniu właścicieli amerykańskich. Założycielką i współwłaścicielką firmy jest Barbara Piasecka-Johnson. Torf wykorzystywany w preparatach firmowych pochodzi z atestowanego pod względem przydatności do celów leczniczych torfowiska Borek, znajdującego się w okolicach Byczyny, w dolinie rzeki Proсны. Jako jedyna firma na świecie Torf Corporation uzyskała patent na urządzenia do ekstrakcji torfu [44] oraz na sposób ekstrakcji torfu [45], pozwalający otrzymać unikalny ekstrakt torfowy, który zachowując właściwości torfu charakteryzuje się jasną, kremową barwą.

Początkowo w Torf Corporation koncentrowano się na produkcji PTT, jednak dzięki prowadzonym badaniom i potwierdzeniu skuteczności działania preparatów torfowych, wyciągi torfowe są obecnie stosowane w produktach parafarmaceutycznych, kosmetykach oraz preparatach do higieny jamy ustanej. W firmie prowadzi się produkcję oryginalnych preparatów torfowych pod marką Tołpa, którą stanowią produkty oparte na wyciągu torfowym i borowinowym, wykorzystujące lecznicze właściwości zawartych w nich substancji czynnych. Torf i borowina Tołpa, otrzymywane według opatentowanej technologii ekstrakcji torfu występują w preparatach w postaci esencji. Produkty te zawierają ograniczoną ilość konserwantów i substancji zapachowych, są wolne od sztucznych barwników, mogą być stosowane przez osoby o skórze nadwrażliwej i alergicznej. Wyróżnia się dwie kategorie produktów marki Tołpa: preparaty kosmetyczne, preparaty specjalistyczne i do higieny jamy ustnej. Na stronie internetowej Torf Corporation Fabryka Leków Sp. z o.o. [46] można znaleźć pełną ofertę produktów wraz z opisem wskazań do ich stosowania, składu oraz sposobu użycia. Preparaty marki Tołpa dostępne są w firmowych Sklepiakach Borowinowych (Punkty Patronackie), wybranych aptekach na terenie całego kraju, w sprzedaży wysyłkowej (Klub Tołpa) oraz firmowym ośrodku typu *Day SPA-Tołpa SPA Borowinowe* we Wrocławiu ukierunkowanym na kompleksową odnowę organizmu.

9. Podsumowanie

Torf to naturalny i łatwo dostępny surowiec o wyjątkowych właściwościach, pochodzący z najbardziej rozpowszechnionych terenów podmokłych na świecie. Za interesowanie naukowców torfem trwa od dawna, a zmianom podlegał zakres jego wykorzystania. Od najdawniejszych czasów był używany w rolnictwie, a także jako paliwo do ogrzewania i wytwarzania energii. Ze względu na skład botaniczny zbiorowisk roślinnych porastających torfowiska, charakteryzuje się dużą różnorodnością właściwości fizykochemicznych i zawartością szczególnie cennych substancji biologicznie czynnych, co przyczyniło się do rozwoju nowych kierunków jego zastosowania. W ostatnich latach coraz powszechniej wykorzystuje się torf w leczeniu oraz ochronie środowiska jako materiał filtracyjny i sorpcyjny.

Literatura

- [1] www.pgi.gov.pl/surowce_mineralne/zasoby04.htm.
- [2] *PS-IMCG Statement on the Wise Use of Peatlands*, „Peatlands International” 2005, 2,10-13, http://www.peatociety.org/user_files/files/pi22005final.pdf.
- [3] *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry Sixth Edition*, Weinheim: Wiley-VCH 2003, **25**, 245-281.
- [4] Myślińska E., *Grunty organiczne i laboratoryjne metody ich badania*, PWN, Warszawa 2001, 69-122.

- [5] Montanarella L., Jones R.J.A., Hiederer R., *The distribution of peatland in Europe*, „Mires and Peat” 2006, **1**, article 1, 1-10, http://www.mires-and-peat.net/map01/map_1_1.pdf.
- [6] Siedlecki T., Ostrzyżek S., Dembek W., *Torfowiska Polski w bazach danych Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych*, „Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie” 2002, **45(2)**, 92-95.
- [7] Dyląg J., *Torfy*, Państwowy Instytut Geologiczny Zakład Geologii Gospodarczej, www.pgi.gov.pl/surowce_mineralne/torf.htm.
- [8] Ilnicki P., *Torfowiska i torf*, Wyd. AR, Poznań 2002.
- [9] Bednarek R., Dziadowiec H., Pokojska U., Prusinkiewicz Z., *Badania ekologiczno-gleboznawcze*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2004, 115-118, 141-144.
- [10] Yuan W., Zydney A.L., *Humic acid fouling during microfiltration*, J. Membr. Sci. 1999, **157**, 1-12.
- [11] Bozkurt S., Lucisano M., Moreno L., Neretnieks I., *Peat as potential analogue for the long-term evolution in landfills*, Earth Sci. Rev. 2001, **53**, 95-147.
- [12] Baran A., *Characterization of carex peat using extinction values of humic acids*, Bioresour. Technol. 2002, **85**, 99-101.
- [13] Piaścik H., Gotkiewicz J., *Przeobrażenia odwodnionych gleb torfowych jako przyczyna ich degradacji*, „Roczniki Gleboznawcze” 2004, **55(2)**, 331-338.
- [14] Jurczuk S., *Gospodarcze i przyrodnicze następstwa melioracji torfowisk*, „Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie” 2002, **45(2)**, 89-91.
- [15] Van Der Plicht J., *Recording the Past: the Power of Peat*, „Peatlands International” 2006, **1**, 46-49, http://www.peatsociety.org/user_files/files/pi12006final.pdf.
- [16] www.tollundman.dk.
- [17] BN-70/0520-04 *Wyroby z torfu. Podstawowa charakterystyka*.
- [18] Haber Z., *Współczesne metody wykorzystywania torfów w ogrodnictwie ozdobnym*, „Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych” 1998, **461**, 15-29.
- [19] Schmilewski G., *The role of peat in assuring the quality of growing media*, „Mires and Peat” 2008, **3**, article 2, 1-8, http://www.mires-and-peat.net/map03/map_03_02.pdf.
- [20] Myllylä I., *Senior Researcher Olli Reinikainen – The role and characteristics of peat in horticulture are unique*, „Peatlands International” 2005, **1**, 11-14, http://www.peatsociety.org/user_files/files/pi12005final.pdf.
- [21] Trckova M., Matlova L., Hudcova H., Faldyna M., Zraly Z., Dvorska L., Beran V., Pavlik I., *Peat as a feed supplement for animals: A review*, Vet. Med.-Czech 2005, **50(8)**, 361-377.
- [22] Deptuła J., *Aktualne warunki działania zakładów torfowych w Polsce w świetle prawa geologicznego i górnictwego*, „Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie” 2002, **45(2)**, 87, 88.
- [23] Leinonen A., Paappanen T., *Fuel Peat Employs up to 16000 People in the European Union*, „Peatlands International” 2006, **2**, 53-57, http://www.peatsociety.org/user_files/files/pi22006final.pdf.
- [24] Kulczycki A., *Rola badań naukowych w rozwoju biopaliw*, Przem. Chem. 2006, **85(12)**, 1576-1578.
- [25] Olsson M., *Wheat straw and peat for fuel pellets-organic compounds from combustion*, „Biomass and Bioenergy” 2006, **30**, 555-564.
- [26] <http://www.ukie.gov.pl>.
- [27] Tomczyk-Wandzel R., Mądrzycka K., Matyskiewicz E., *Podczyszczanie ścieków z zakładów mięsnych metodą filtracji przez złoża kredowo-torfowe*, „Gospodarka Mięsna” 2004, **56(6)**, 24-26.
- [28] McKay G., *Peat for Environmental Applications: A Review*, „Developments in Chemical Engineering and Mineral Processing” 1996, **4(3-4)**, 127-155.
- [29] Chmiel K., Jarzębski A. B., Palica M., *Biofiltracja lotnych związków organicznych*, Przem. Chem. 2005, **84(6)**, 442-445.
- [30] Wieczorek A., *Biofiltracja zanieczyszczonych styrenem gazów odlotowych z wytwórni laminatów poliestrowych*, Przem. Chem. 2007, **86(2)**, 118-121.

- [31] Elsgaard L., *Use of peat – soil for biological purification of ethylene contaminated air*, Suo – Mires and Peat 2000, **51**(3), 181-187.
- [32] Kyzioł-Komosińska J., Rosik-Dulewska C., *Wpływ zawartości węgla w wybranych biolitych na ich zdolności wiązania jonów Cd(II), Zn(II), Ni(II), Cu(II) i Cr(II)*, Przem. Chem. 2007, **86**(10), 983-985.
- [33] Babel S., Kurniawa T.A., *Low-cost adsorbents for heavy metals uptake from contaminated water: a review*, J. Hazard. Mater. 2003, **97**, 219-243.
- [34] Qin F., Wen B., Shan X.-Q., Xie Y.-N., Liu T., Zhang S.-Z., Khan S.U., *Mechanisms of competitive adsorption on Pb, Cu and Cd on peat*, Environ. Pollut. 2006, **144**, 669-680.
- [35] Al-Faqih L., Johnson P., Allen S., *Evolution of a new peat-based sorbent for metals capture*, Bioresour. Technol. 2008, **99**, 1394-1402.
- [36] Kowal L., *Zanieczyszczenie wód powierzchniowych i podziemnych*, „Gaz, Woda i Technika Sanitarna” 2006, **80**(9), 16-20.
- [37] Kalmykova Y., Stromvall A.-M., Steenari B.-M., *Adsorption of Cd, Cu, Ni, Pb and Zn on Sphagnum peat from solution with low metal concentrations*, J. Hazard. Mater. 2008, **152**, 885-891.
- [38] Brown P.A., Gill S.A., Allen S.J., *Review paper: Metal removal from wastewater using peat*, Water Res. 2000, **34**(16), 3907-3916.
- [39] PN-Z-11003-1 *Borowiny. Terminologia i klasyfikacja*.
- [40] Sobolewska A., Sztance M., Pasternak K., *Składniki borowiny i jej właściwości lecznicze*, Baln. Pol. 2007, **49**, 2 (108), 93-98.
- [41] Białas Z., *Borowina w Uzdrawisku Ustroń – od wydobycia do regeneracji*, „Gaz, Woda i Technika Sanitarna” 2004, **78**(11), 390-395.
- [42] Kochański J.W., *Balneologia i hydroterapia*, Wyd. AWF, Wrocław 2002.
- [43] Fabiszewski J., *Profesor Stanisław Tołpa – uczoney i twórca szkoły naukowej*, Działalność Naukowa Wydziału Rolniczego Akademii Rolniczej we Wrocławiu w latach 1988-1997, Wyd. AR, Wrocław 1998.
- [44] Hamerliński W., *Urządzenie do ekstrakcji torfu*, Pat. Pol. Nr 170131 (1993 r.).
- [45] Tołpa S., Gersz T., Ritter S., Kukla R., Skrzyszewska M., Tomków S., *Sposób ekstrakcji torfu oraz urządzenie do ekstrakcji torfu*, Pat. Pol. Nr 167664 (1992 r.).
- [46] www.torf.pl.

PEAT – PRESENT AND PERSPECTIVE WAYS OF ITS PRACTICAL APPLICATIONS

Summary: Peat constitutes one of the most important raw materials. The most common ways of using peat is agriculture, horticulture and using peat as a fuel. Peat's biologically active substances and its special properties cause its new ways of practical applications. Recently, according to the increase of new technologies, peat plays an important role in environmental protection, cosmetology and medicine. This article, according to a literature review, introduced fundamental information about peat: occurrence, physical and chemical properties, peat formation mechanism and also ways of its practical applications and effect on human organism. The paper also presented a characteristic of traditional processing methods and introduction of Polish peatland science school formation.

Keywords: peat, peat substratum, peat briquette, filter material, medicinal peat, peat extract.