

Iły serii poznańskiej jako podłoże składowisk odpadów na przykładzie odsłonięcia w Budach Mszczonowskich

Beata Łuczak-Wilamowska*

Clays from Budy Mszczonowskie as an example of application of Poznań Series clays as basement soil of landfills. *Prz. Geol.*, 50: 966–970.

S u m m a r y. Poznań Series formation occurs on the vast territory of Poland. It comprises clays which form a natural barrier sealing underlying geological beds and ground waters from infiltration of contaminants from the sub-surface soils. These sediments are valuable basement soils of landfills. The mineral composition, permeability and cation exchange capacity of quantitatively prevailing coherent soils of this series show that this soil could be a good sealing material and sorbent. However, clays of the Poznań Series show the breccia-type of weathering, are fractured, contain carbonates and sulfates and often are interbedded by loose soils, as it was observed in the outcrop in Budy Mszczonowskie. Therefore, the choice of localisation of a landfill should be preceded each time by examinations of bottom soils. Often, these soils require applying of simple technical treatment which would improve their parameters to ensure that the landfill be not harmful for the natural environment.

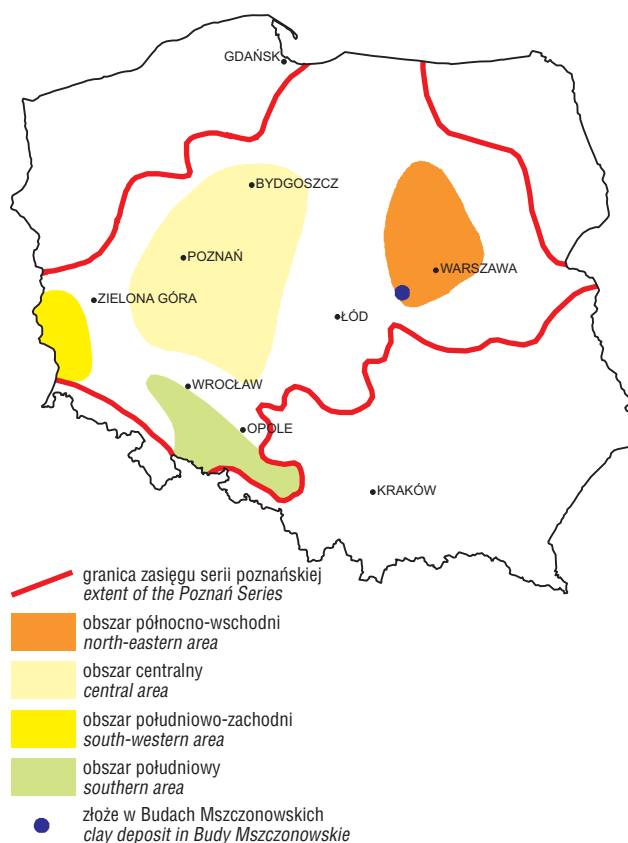
Key words: Neogene clays, Poznań Series, landfill, sealing barrier

Gromadzenie i składowanie jest najczęściej wykorzystywaną metodą unieszkodliwiania odpadów. Należy sądzić, że stosowania tej metody nie będzie można uniknąć nawet w przyszłości i przy założeniu, że składowaniu będą podlegać tylko te odpady, dla których będzie brakować technologii przetwarzania i ponownego wykorzystania. Stąd potrzebne jest konstruowanie bezpiecznych dla środowiska składowisk odpadów — począwszy od odpowiedniej lokalizacji, projektowania, budowy i eksploatacji, a na rekultywacji kończąc.

Rozwój przemysłu oraz stosowanie coraz bardziej złożonych technologii produkcji powoduje powstawanie ogromnych ilości odpadów masowych — wśród nich szczególnie szkodliwych dla środowiska. Składowanie ich wymaga indywidualnego potraktowania i zastosowania odpowiednich sposobów zapobiegania niekorzystnym wpływom na środowisko. Jak ważny jest to problem w skali kraju, świadczyć mogą opracowane regulacje prawne (Prawo ochrony środowiska i Ustawa o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 r., Dz. U. Nr 62 z dnia 20 czerwca 2001 r., poz. 627 i 628).

Celem niniejszej pracy jest ocena iłw neogeńskich jako materiału izolacyjnego, chroniącego przed zanieczyszczeniami ze strefy przypowierzchniowej niżej leżące grunty, a przede wszystkim warstwy wodonosne. Ze względu na rozpoznane cechy, wskazujące na właściwości izolacyjne (Łuczak-Wilamowska, 1997), znaczny zasięg występowania w obrębie kraju i stosunkowo łatwą dostępność, ily neogeńskie mogłyby stanowić odpowiednie podłoże izolacyjne, a także materiał do formowania mineralnych warstw izolacyjnych składowisk odpadów.

Iły serii poznańskiej występują na obszarze ponad połowy Polski. Należy jednak wymienić za Wichrowskim (1981) cztery rejony, w których zalegają one pod stosunkowo niewielkim nadkładem utworów czwartorzędowych lub bezpośrednio na powierzchni terenu: północno-wschodni (Warszawa, Ciechanów, Ostrołęka), centralny (Konin,



Ryc. 1. Szkic sytuacyjny występowania iłw serii poznańskiej wg Wichrowskiego (1981)

Fig. 1. Sketch map of occurrence of the Poznań Series Clays according to Wichrowski (1981)

Kalisz, Leszno, Poznań, Bydgoszcz), południowo-zachodni (Zielona Góra) i południowy (Wrocław, Opole). W tych rejonach utwory serii poznańskiej są bardziej dostępne dla badań gospodarczego wykorzystania (ryc. 1) niż w pozostałych obszarach zbiornika sedymentacyjnego. Stanowią one tutaj wyjątkowo cenną, naturalną barierę, izolującą od zanieczyszczeń ze strefy przypowierzchniowej głębsze podłoże, a przede wszystkim wody podziemne.

Na utworach bagiennych środkowego miocenu rozwinęła się sedymentacja iłw szarych. Poziom iłw szarych

*Katedra Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych, Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, al. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; blw@geo.uw.edu.pl

składa się głównie z mułków i iłów szarych, podrzędnie zielonych, w jego stropie miejscami występują pyły lub ily brunatne z domieszką części organicznych i cienkimi wkładkami węgla brunatnego (Wyrwicki, 1974). Skład mineralny utworów ilastych tworzy głównie asocjacja illit-kaolinit z niewielką domieszką smektytu. Miąższość tego poziomu jest niewielka i wynosi od 0 do kilku metrów. Utwory te występują na Kujawach, w okolicach Poznania oraz w rejonie Wrocławia i Ścinawy (Ciuk, 1970; Dyjor, 1992).

Następnie basen sedimentacyjny uległ pogłębieniu i objął swym zasięgiem prawie cały obszar Niżu Polskiego. Powstał wówczas miąższy kompleks osadów **poziomu iłów zielonych** (z glaukonitem). Wykształcił się on w postaci utworów ilastych i pylastych o barwie zielonej, szaroniebieskiej, szarej, brunatnej oraz utworów piaszczystych. Miejscami występują pyły i ily pstry. Sedymentacja odbywała się w warunkach redukcyjnych, przy znacznej mineralizacji wód. Świadczy o tym, stwierdzone przez Wyrwickiego (1974), Wyrwickiego i Wiewiórę (1972, 1976) oraz Dyjora (1992), występowanie takich minerałów, jak: gips, piryt, szamozyt, syderyt oraz kongrecji węglanowych. Do najczęściej występujących tu asocjacji mineralnych należą: smektytowo-illitowa, illitowo-smektytowa oraz w obszarach peryferyjnych basenu sedimentacyjnego — illitowo-smektytowo-kaolinitowa. Wzrost zawartości kaolinitu obserwuje się również w części stropowej poziomu iłów zielonych przy przejściu do iłów pstrych (płomienistych).

Poziom iłów płomienistych kończy sedymentację utworów serii poznańskiej. Barwa osadów zmienia się na czerwonobrunatną z brunatnymi smugami i plamami utleniających związków żelaza. Świadczy to o zmianie warunków geochemicznych sedymentacji z redukcyjnych na utleniające. Poziom ten wykształcony jest w postaci pyłów i iłów pstrych. W składzie mineralnym osadów ilastych przeważają asocjacje: illit-kaolinit-smektyt oraz kaolinit-illit (Wiewióra & Wyrwicki, 1974). W niewielkich ilościach występują też węglany. W południowym obrzeżeniu basenu pojawiają się warstwy iłów i glin kaolinitowych z domieszką ziaren kwarcu i skaolinityzowanego skalenia (Dyjor, 1992). Łączna miąższość iłów zielonych i płomienistych wynosi do 100 m. Jak podaje Wyrwicki (1974), miąższość całej serii poznańskiej może dochodzić do 160 m.

Seria poznańska, o takim wykształceniu facjalnym, występuje prawie wyłącznie na obszarze Polski. Poza tym znana jest tylko z niewielkich obszarów Saksonii i Dolnych Łużyc. Warunki sedymentacji utworów serii poznańskiej były zmienne w czasie i przestrzeni, o czym można wnioskować ze zróżnicowania składu mineralnego i wykształcenia litologicznego.

W stropie utworów serii poznańskiej występują głęboko wcięte doliny rzeczne, które pod koniec pliocenu tworzyły się w słabo jeszcze zdiagnozowanym materiale osadowym. Są one świadectwem powstawania nowej sieci rzecznej, która wiązała się z basenem Morza Północnego i morzami arktycznymi poprzez obniżenie obecnego Morza Bałtyckiego.

Do ostatecznego ukształtowania formacji iłów serii poznańskiej przyczyniła się obecność i działalność plejstoceńskich lodowców kontynentalnych. Iły są silnie zaburzone i, jak pisze S. Rybicki (1970), efekty oddziaływania

ładolodu na utwory spoiste odnajduje się w rejonie kopalni *Adamów* nawet pod 30-metrowym nadkładem utworów czwartorzędowych. Są one wyraźnie widoczne przede wszystkim w postaci spękań.

W południowo-zachodniej części rejonu północno-wschodniego znajduje się złożo iłów w Budach Mszczonowskich. Złożo to nie ma jednoznacznie określonego związku z utworami neogeńskimi *in situ*.

Złożo iłów w Budach Mszczonowskich, mimo że jest stosunkowo niewielką formą występowania iłów neogeńskich, może dla iłów tej serii stanowić materiał reprezentatywny do badań nad właściwościami izolacyjnymi i konstrukcyjnymi z uwagi na podobieństwo litologii oraz składu mineralnego badanych iłów i iłów z obszaru północno-wschodniego (ryc. 1).

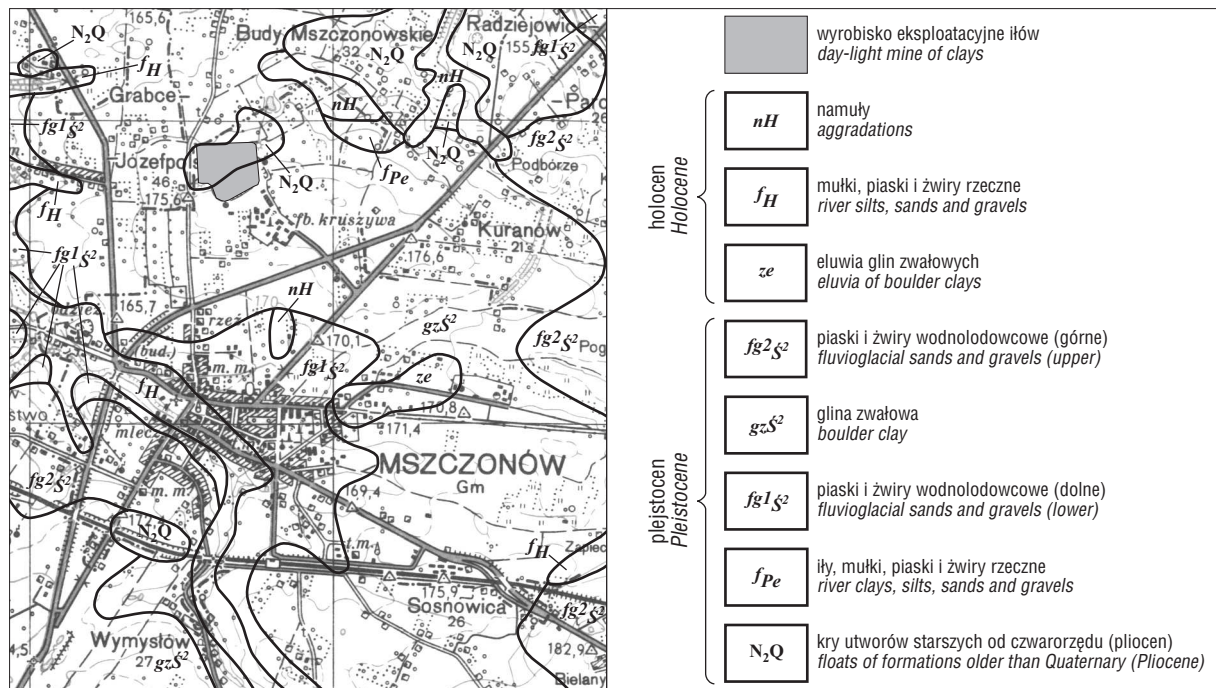
Złożo w Budach Mszczonowskich znajduje się w obrębie polodowcowej Wysoczyzny Rawskiej, w widłach rzek Okrzeszy i jej dopływu — Pisi (ryc. 2). Odkrywką tego złoża znajduje się przy „trasie katowickiej”, 50 km na SW od skrzyżowania w Jankach koło Warszawy. Od 1963 r. Zakład Kruszyw Lekkich *Keramzyt* eksploatuje z niej ily neogeńskie. Do badań wybrano to złożo ze względu na jego znaczne zasoby, dostępność surowca, a także bliskość aglomeracji łódzkiej i warszawskiej. Są to rejony, w których występuje duże zapotrzebowanie na surowiec do izolacji wielu istniejących i projektowanych składowisk. Tylko na terenie województwa mazowieckiego znajduje się ok. 75 zorganizowanych, czynnych składowisk odpadów komunalnych (Ochrona Środowiska, 2001).

W odkrywce w Budach Mszczonowskich (ryc. 3), ze względu na charakterystykę inżyniersko-geologiczną, wyróżniono trzy grupy iłów:

- ily o nienaruszonej strukturze;
 - koluwium iłów łącznie z odpadami poprodukcyjnymi ze znajdującego się w pobliżu odkrywki Zakładu Kruszyw Lekkich *Keramzyt* (obecnie jest to zrekwizytowana część wyrobiska);
 - ily zwietrzałe i ily o naruszonej strukturze, występujące w spągu wyrobiska i na półkach eksploatacyjnych, z widocznymi wśród utworów zwietrzałych wyseparowanymi, owalnymi kongrecjami wapieniami o średnicy od kilku do kilkudziesięciu centymetrów;
- a także:
- piaski drobno- i średnioziarniste oraz pyły występujące w obrębie utworów ilastych w postaci smug, gniazd i soczewek o maksymalnej miąższości do 1,5 m.

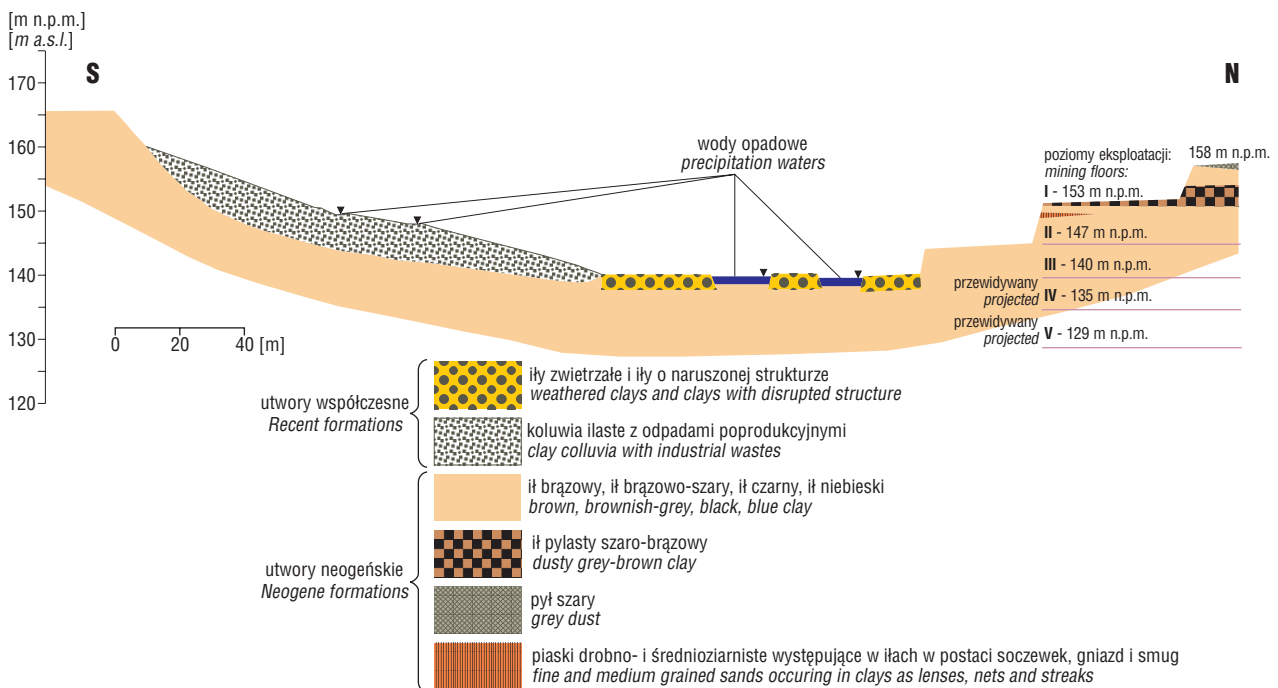
Koluwium iłów wraz z odpadami poprodukcyjnymi tworzą ily o rozluźnionej strukturze, pomieszane z odpadami ceramicznymi. Znajduje się ono w południowej części wyrobiska i wykazuje ślady spalania.

Pozyskiwanie surowca odbywa się na trzech poziomach eksploatacyjnych (ryc. 3). W gruntach na powierzchniach półek eksploatacyjnych, na skutek oddziaływania poruszających się maszyn, urabiających surowiec, do głębokości 0,5 m została naruszona struktura. Grunty zwietrzelinowe o niewielkiej miąższości występują na skarpach stałych oraz na skarpach eksploatacyjnych, czasowo wyłączonych z eksploatacji.



Ryc. 2. Mapa geologiczna utworów powierzchniowych okolic Mszczonowa w skali 1 : 50 000 (wg Makowskiej, 1974). Podkład topograficzny w skali 1 : 50 000, 272.4 Mszczonów, stan z 1974 r., Warszawa, PPGK, 1978

Fig. 2. Geological map of surface sediments of Mszczonów area, scale 1 : 50 000 (based on Makowska, 1974). Topographic background in scale 1 : 50 000, 272.4 Mszczonów, state from 1974, Warszawa, PPGK, 1978



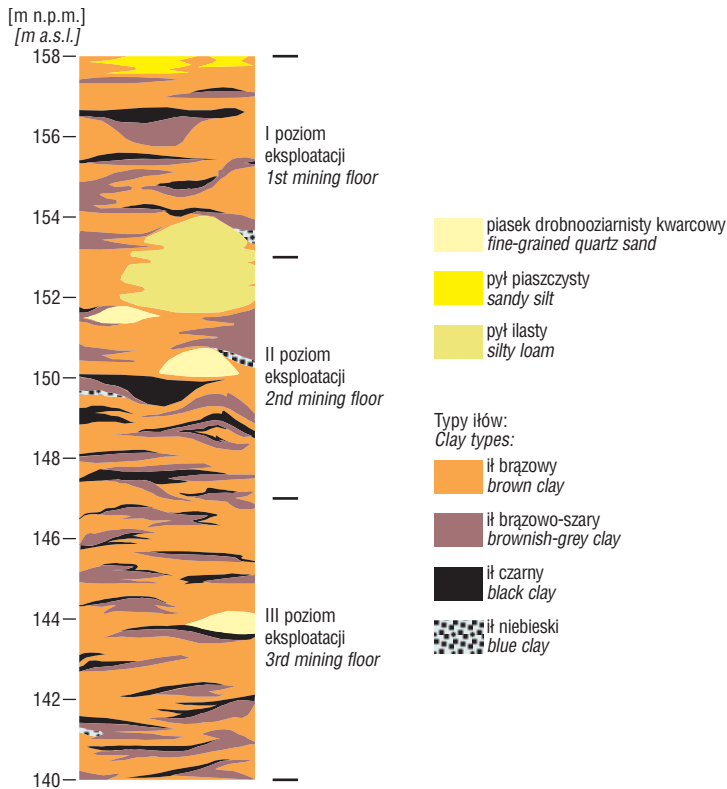
Ryc. 3. Przekrój geologiczny przez odkrywkę iłów w Budach Mszczonowskich

Fig. 3. Geological cross-section of the outcrop in Budy Mszczonowskie

Wśród iłów o nienaruszonej strukturze — występujących w trzech aktualnie eksploatowanych, pionowych skarbach — makroskopowo wyróżniono cztery typy iłów:

- typ I — ił brązowy — grunt bardzo spoisty o barwie brązowej i o strukturze bezładnej, zbitej; mało wilgotny w stanie półzwardym; nie zawiera węgla wapnia; z licznymi naciekami oraz smużystymi i gniazdowymi skupieniami tlenków żelaza barwy rdzawej i brązowej;

- typ II — ił brązowoszary — grunt bardzo spoisty, o barwie brązowoszarej i o strukturze bezładnej, zbitej, o tłustym przełamie; grunt mało wilgotny w stanie twaroplastycznym; nie wykazuje zawartości węgla wapnia; z rdzawymi i brązowymi wtrąceniami związków żelaza w formie nacieków i gniazdowych skupień;
- typ III — ił czarny — grunt bardzo spoisty o barwie czarnej, o tłustym przełamie i strukturze bezładnej,



Ryc. 4. Schematyczny profil litologiczny odsłonięcia iłów w wyrobisku w Budach Mszczonowskich

Fig. 4. Schematic lithological profile of the clays' outcrop in mine in Budy Mszczonowskie

zbitej; mało wilgotny w stanie półzwałym; nie wykazuje zawartości węgla wapnia; z niewielką ilością domieszek tlenków żelaza występujących w formie nacieków;

- typ IV — il niebieski — grunt bardzo spoisty o barwie szaroniebieskiej o strukturze bezładnej, zbitej; grunt mało wilgotny w stanie półzwałym; nie wykazuje zawartości węgla wapnia; związki żelaza występują w niewielkich ilościach w formie plamistych i smużystych, zielonkawych i brązowych nacieków.

Ostatni z wydzielonych typów iłów, il niebieski, występuje sporadycznie w postaci smug o słabo zaznaczonych granicach, natomiast pierwszy z nich, il brązowy, dominuje pod względem ilości w udostępnionym odsłonięciu (ryc. 4).

Wszystkie wyróżnione typy iłów — brązowy, brązowoszary, czarny i niebieski — występują w złożu w formie jednolitego kompleksu litologicznego. Wszystkie one przechodzą jedno w drugie bez wyraźnych granic. Makroskopowo określone występowanie gipsu i pirytu potwierdzają również Czarnecki i Czerny (1960) oraz Czarnecki i Niedzielski (1961). Stwierdzono również występowanie kongregacji węglanowych o średnicach od kilku do kilkadziesiąt centymetrów oraz iłów o zabarwieniu ziemistym, pochodzącym najprawdopodobniej od drobnodispersyjnych siareczków żelaza (Łuczak-Wilamowska & Wilamowski, 2001) i getytu.

Analizując dokumentację złoża opracowane na podstawie otworów wiertniczych (Pytel i in., 1989; Czarnecki & Czerny, 1960; Czarnecki & Niedzielski, 1961) należy

stwierdzić, że dokumentowana część złoża obejmuje tylko fragment cyklu sedymentacyjnego. Można to wiązać z zaburzeniami glacictektonicznymi w obrębie tych utworów. Rozpatrując literaturę dotyczącą znanych odsłoneń iłów neogeńskich (Mastki, Rogaczewo — Wyrwicki & Wiewióra 1972, 1976), w których jest wyraźnie zachowana cykliczność sedymentacji, można jednak uznać, że opisywane utwory stanowią końcowy fragment cyklu sedymentacyjnego, w którym dominują grunty bardzo spoiste.

W obrębie wyrobiska w Budach Mszczonowskich widoczne są formy zaburzeń glacictektonicznych: fałdy, powierzchnie nieciągłości o zmiennym przebiegu i intensywności, a także spękania (ryc. 4), wycięcia i wysady w wyżej zalegające utwory. Podobne efekty działalności lądolodu obserwuje się w Rypinku koło Kalisza (Drağowski i in., 1992), w strefie Miostowic koło Żar (Dyjur, 1969) i w wielu innych miejscach.

Według dotychczasowych badań (A. Drağowski i in. 1989) przyjmuje się często, że opisywane iły mają teksturę brekcjonową. Powstała ona na skutek naprężeń spowodowanych obciążeniami statycznymi i dynamicznymi oraz w wyniku innych zjawisk wywołanych działalnością lądolodu. Z tego też powodu w iłach występują mikrospełkania, szczeliny i zlutowania, które sprawiają, że podczas wietrzenia grunty te podlegają dezintegracji na bryłki o niewielkich rozmiarach.

W formie smug, gniazd i soczewek występują w iłach osady mało spoiste i niespoiste. Zwykle są wykształcone w postaci jasnoszarobrazowych drobno- i średnioziarnistych piasków kwarcowo-skaleniowych, często pylastych — przeważnie nawodnionych — lub pyłów i pyłów piaszczystych. Są to wystąpienia lokalne o niewielkim rozprzestrzenieniu w ścianach wyrobiska.

W rejonie występowania udokumentowanego złoża w Budach Mszczonowskich, w obrębie utworów czwartorzędowych znajduje się jeden poziom wodonośny. Złoże iłów mszczonowskich jest w zasadzie suche z wyjątkiem soczewek i gniazd utworów pylastych i piaszczystych, w których zwierciadło wody może być swobodne lub napięte.

Wyniki analiz iłów z Bud Mszczonowskich (Łuczak-Wilamowska, 1997) wykazały, że:

- smektyt (beidellit) jest głównym minerałem i stanowi od 53 do 67% masy,
- illit i kaolinit stanowią łącznie od 18 do 25%,
- pozostałą część masy stanowią getyt, kwarc i inne minerały oraz substancja organiczna.
- pojemność wymiany kationów (CEC) wynosi od 32 do 44 mval/100 g gruntu w zależności od typu iłu — są to średniej klasy sorbenty.
- iły wykazują wielkość sorpcji kationów ołowiu powyżej 98% z roztworów o stężeniu 10 ppm i powyżej 97% z roztworów o stężeniu około 20 ppm. Desorpcja tego kationu przy użyciu wody redestylowanej nie przekracza 4%. Badania wykonano w obojętnym pH.

Ponadto iły te, niezależnie od składu minerałów ilastych, są skałami praktycznie nieprzepuszczalnymi o współczynnika filtracji w granicach 10^{-10} – 10^{-11} m/s (Brański, 2002).

Wnioski

Utwory *in situ* serii poznańskiej mogą być wykorzystane jako podłoże składowisk odpadów. Ich skład mineralny i dominacja utworów zwiezłospoistych wskazują na to, że jest to dobry, mineralny materiał izolacyjny i sorpcyjny. Grunty te występują na znacznej części powierzchni kraju i tworzą naturalny ekran ograniczający przenikanie zanieczyszczeń ze strefy przypowierzchniowej.

Badania przeprowadzone w Budach Mszczonowskich mogą posłużyć jako podstawa przy opracowywaniu i analizowaniu właściwości izolacyjnych iłów poznańskich na innych obszarach występowania.

Oprócz znacznego udziału frakcji iłowej i minerałów ilastych utwory serii poznańskiej zawierają gips i konkrety węglanowe, które pod działaniem odcieków składowiskowych mogą ulec rozpuszczeniu i odprowadzeniu. Powstałe po nich pustki mogą być doskonałymi drogami migracji zanieczyszczeń; mogą być również zagrożeniem dla stateczności i bezpieczeństwa składowiska odpadów.

W profilu iłów neogeńskich występują utwory sypkie (pylaste i piaszczyste), często zawierające wodę pod ciśnieniem, mogą być to strefy migracji lub gromadzenia się wód odciekowych z odpadów.

Formy brekcyjne, które powstają podczas wietrzenia iłów, oraz deformacje glacictektoniczne, szczególnie w postaci spękań, obserwowane na znacznych głębokościach, a także bardzo urozmaicona powierzchnia utworów neogeńskich mogą być drogami migracji zanieczyszczeń ze składowisk odpadów nawet na znaczne odległości. Dlatego też każdorazowo przed rozpoczęciem budowy zasadniczej konstrukcji składowiska odpadów na podłożu z utworów neogeńskich należy określić ich budowę geologiczną i skład gruntów, jak również w miarę potrzeby przygotować podłoże gruntowe, np. przez homogenizację, dodatki uszlachetniające i zagęszczenie warstwy.

Literatura

BRAŃSKI P. 2002 — Iły formacji poznańskiej — kopaliny służące ochronie i rekonstrukcji środowiska naturalnego. *Prz. Geol.*, 50: 266.
 CIUK E. 1970 — Schematy litostratygraficzne trzeciorzędu Niżu Polskiego. *Kwart. Geol.*, 14: 754–765.
 CZARNECKI A. & CZERNY B. 1960 — Dokumentacja złoża pstrych iłów poznańskich do produkcji kruszywa lekkiego w Budach Mszczonowskich. Centralny Urząd Geologii, Przedsiębiorstwo Geologiczne Surowców Skalnych w Krakowie, Kraków, Arch. Państw. Inst. Geol., nr 4131/55.
 CZARNECKI A. & NIEDZIELSKI A. 1961 — Dokumentacja geologiczna złoża pstrych iłów poznańskich Budy Mszczonowskie, do pro-

dukcji kruszywa lekkiego. Centralny Urząd Geologii, Przedsiębiorstwo Geologiczne Surowców Skalnych w Krakowie. Zleceniodawca: Ministerstwo Budownictwa i Przemysłu Materiałów Budowlanych, Zjednoczenie Przemysłu Cementowego — Sosnowiec, Kraków, Arch. Państw. Inst. Geol., nr 4131/58.

DRĄGOWSKI A., KACZYŃSKI R., DOBAK P. & TRZCIŃSKI J. 1992 — Geotechniczne problemy eksploatacji iłów poznańskich na przykładzie złoża Rypinek w Kaliszu. [W:] Geologiczno-inżynierskie problemy serii poznańskiej. *Acta Univ. Vratisl.* 1354, Pr. Geol.-Miner., 26: 51–66.
 DRĄGOWSKI A., KOCISZEWSKA-MUSIAŁ G., KACZYŃSKI R., DOBAK P., SAŁYGA J., SKUPIŃSKI M., FLORCZAK S. & WEWIÓR J. 1989 — Wstępna ocena stateczności zboczy i bezpieczeństwa prowadzenia eksploatacji iłów plicocenicznych na poziomach 135 i 129 m n.p.m. w kopalni Mszczonów cz. II. Biuro Usług Konsultacyjnych. Arch. Towarzystwa Konsultantów Polskich.
 DYJOR S. 1969 — Budowa geologiczna zaburzonej glacictektonicznie strefy Mirostowic koło Żar (Ziemia Lubuska). *Acta Univ. Vratisl.* 86, Pr. Geol.-Miner., 3: 3–58.
 DYJOR S. 1992 — Rozwój sedymentacji i przebieg przeobrażeń osadów w basenie serii poznańskiej w Polsce. [W:] Geologiczno-inżynierskie problemy serii poznańskiej. *Acta Univ. Vratisl.* 1354, Pr. Geol.-Miner., 26: 3–18.
 ŁUCZAK-WILAMOWSKA B. 1997 — Pliocene clays of the Polish Lowland: The perspective insulating material of waste deposits. [W:] Proceedings International Symposium on Engineering Geology and the Environment, organized by the Greek National Group of IAEG, Athens, Greece, 23–27 June. Balkema, Rotterdam, 1983–1988.
 ŁUCZAK-WILAMOWSKA B. & WILAMOWSKI A. 2001 — Presence of iron sulphide in neogene clays from Budy Mszczonowskie: chemical evidence. [W:] Mineralogical Society of Poland — Special Papers, vol. 19, Łądek Zdrój 18–21.10.2001.
 MAKOWSKA A. 1974 — Mapa geologiczna Polski w skali 1 : 200 000, arkusz Skiermiewice, Mapa utworów powierzchniowych w skali 1 : 50 000, arkusz Mszczonów, Mapa utworów podzwartorzędowych w skali 1 : 50 000 arkusz Mszczonów. Wyd. Geol. Inst. Geol.
 Prawo ochrony środowiska z dn. 27 kwietnia 2001 — Dz. U. Nr 62 z dn. 20 czerwca 2001 poz. 627.
 Ochrona Środowiska, 2001 — Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
 PYTEL J., MANIAKOWSKI Z., CHOLEWA J. & KUNISZ A. 1989 — Aktualizacja dokumentacji geologicznej złoża iłów Budy Mszczonowskie. Zespół Rzeczoznawców, Katowice, Arch. Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Górnictwa, nr 338/93.
 RYBICKI S. 1970 — Wpływ spękań na właściwości inżyniersko-geologiczne iłów poznańskich kopalni *Adamów*. *Pr. geol. Komis. Nauk geol. PAN Oddz. w Krakowie*, 63: 1–60.
 Ustawa o odpadach z dn. 27 kwietnia 2001 — Dz. U. Nr 62 z dn. 20 czerwca 2001 poz. 628).
 WICHROWSKI Z. 1981 — Studium mineralogiczne serii poznańskiej. *Arch. Miner.*, z. 2, 37: 93–196.
 WIEWIÓRA A. & WYRWICKI R. 1974 — Minerale ilaste poziomu iłów płomienistych serii poznańskiej. *Kwart. Geol.*, 18: 615–635.
 WYRWICKI R. 1974 — Osady ilaste serii poznańskiej jako surowce ceramiczne. *Biul. Inst. Geol.* 280: 344, [W:] Z badań złóż surowców skalnych, 7: 107–215.
 WYRWICKI R. & WIEWIÓRA A. 1972 — Minerale ilaste osadów serii poznańskiej w profilu Mastki. *Kwart. Geol.*, 16: 695–710.
 WYRWICKI R. & WIEWIÓRA A. 1976 — Minerale ilaste osadów serii poznańskiej z profilu Rogaczewo. *Kwart. Geol.*, 20: 823–837.