

Charakterystyka i klasyfikacja gruntów antropogenicznych

Andrzej Dragowski¹



Characteristics and classification of anthropogenic soils. Prz. Geol., 58: 868–872.

Abstract. Based on experience in the study of soils formed under anthropogenic influence, literature data and norms, the author defines the term anthropogenic soils, sub-divides them into three main groups depending on the conditions of their formation, chemical and physical properties, pressure on the natural environment and possibilities of further utilization. The present version of the sub-division of anthropogenic soils correlates well with the most recent norm PN-EN ISO 14688-1 and in addition, allows a more detailed classification taking into account the specific properties of soils assigned to particular groups.

Keywords: anthropogenic soils, utilization

Ze względu na rolę w ocenie środowiska i zagospodarowania terenu grunty antropogeniczne powinny być charakteryzowane i nazywane jednoznacznie, według określonego, przyjętego przez wszystkich podziału. Istniejące podziały, przedstawione w różnych normach, zajmują się jedynie problemem oddzielenia tych gruntów od gruntów naturalnych, rodzimych. Różnorodność gruntów antropogenicznych i zmienność ich cech stwarzają konieczność wprowadzenia bardziej szczegółowego podziału, uwzględniającego genezę materiału, właściwości, formy występowania i możliwości wykorzystania.

Próbie stworzenia takiego podziału podjęto w niniejszym artykule, wykorzystując i nawiązując m.in. do klasyfikacji przedstawionej w 2002 r. w PN-EN ISO 14688-1.

Historia nazewnictwa i klasyfikacji

Termin *grunty antropogeniczne* (*anthropogenic soils, man made soils*) od wielu lat funkcjonuje w literaturze fachowej z zakresu geologii inżynierskiej i ochrony środowiska (ostatnio nawet w geologii złożowej wprowadzono pojęcie *złoża antropogeniczne*). Długo nie był on jednak jednoznacznie zdefiniowany. Opisując te grunty, używano i używa się nadal terminów: *nasyp, grunt nasypowy, grunt nasypowy budowlany, nasyp niekontrolowany, nasyp kontrolowany*, wreszcie *nasyp antropogeniczny i grunt antropogeniczny*.

Pod nazwą *grunty antropogeniczne* należy rozumieć grunty powstałe w wyniku działalności gospodarczej i bytowania człowieka. Są to więc odpady stałe związane z działalnością człowieka oraz grunty naturalne przemieszane i ponownie zdeponowane (Dragowski, 1979).

Jako pierwsi na znaczenie tych gruntów zwrócili uwagę Sujkowski i Różycki (1937), wprowadzając na *Mapie geologicznej Warszawy*, wykonanej dla Zarządu Miejskiego m.st. Warszawy, wydzielenie *nasypy* i przedstawiając jego zasięg oraz miąższość w pięciu przedziałach głębokości (zob. s. 819). Z tego odwzorowania wynika, na jakich gruntach rodzimych spoczywają nasypy, nie wynika jednak, z czego zostały uformowane.

W historii nazewnictwa gruntów budowlanych grunty antropogeniczne zostały wymienione dopiero w 1986 r. – w normie PN-86/B-02480. Jako zasadnicze wydzielono w niej grunty naturalne i właśnie grunty antropogeniczne, których jednak dalej nie podzielono.

Przedtem, w normie z 1954 r. (PN-54/B-02480) – dla oddania właściwości gruntów, które określono jako antropogeniczne – użyto określenia *grunty nasypowe*, dzieląc pozostałe niełite na naturalne grunty okruchowe i organiczne.

W następnej edycji tej samej normy z 1974 r. (PN-74/B-02480) wprowadzono generalny podział na grunty rodzime: skaliste, nieskaliste mineralne, nieskaliste organiczne oraz grunty nasypowe. W obrębie tych ostatnich ze względu na pochodzenie wydzielono:

- nasyp budowlany – grunt powstały wskutek kontrolowanego procesu technicznego, np. w budowlach ziemnych;
- nasyp niekontrolowany – grunt powstały w sposób niekontrolowany, np. w zwałowiskach, wysypiskach.

Do definicji gruntu nasypowego dodano w nawiasie *antropogeniczny*. Określono go jako *grunt budowlany powstały w wyniku działalności człowieka, np. w wysypiskach, zwałowiskach czy budowlach ziemnych (op.cit.)*.

Duży wpływ na ostateczne przyjęcie terminu *grunt antropogeniczny* w oficjalnych podziałach (we wspomnianej normie z 1986 r.) miał artykuł Dragowskiego (1979) pt. *Wybrane problemy badawcze zwierzelin i gruntów antropogenicznych dla posadawiania budowli*. Przedstawiono w nim klasyfikację i podział gruntów określanych jako antropogeniczne. Wykazano, że ze względu na udział procesów naturalnych i działalność człowieka grunty powinny się dzielić na rodzime i antropogeniczne. W normie z 1986 r. dokonano istotnej zmiany – wyróżniono generalnie grunty naturalne rodzime i antropogeniczne. Grunty nasypowe zostały, w sposób niewłaściwy, włączone do naturalnych i przeciwstawione rodzimym. W obrębie nasypów wydzielono m.in. nasyp budowlany i nasyp niebudowlany. Zmieniające się w czasie nazewnictwo gruntów antropogenicznych powoduje, że w opracowaniach geologiczno-inżynierskich nazwy i opisy tych gruntów są niejednoznaczne, np.: nasyp budowlany i odpowiednio nasyp kontrolowany.

Klasyfikacja gruntów antropogenicznych do celów geologiczno-inżynierskich i środowiskowych

Grunty antropogeniczne stanowią warstwę przypowierzchniową, często dochodzącą do kilku, a w obrębie miast oraz terenów uprzemysłowionych nawet kilkunastu metrów miąższości. Mogą występować jako wyraźnie wi-

¹Katedra Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych, Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; a.dragowski@uw.edu.pl

doczne formy nadpoziomowe lub ciągłe warstwy niwelujące pierwotną powierzchnię terenu. Przyrost ilości tych gruntów w skali kraju jest bardzo duży. Wskazują na to atlasy geologiczno-inżynierskie dla aglomeracji miejskich oraz chociażby rejestracja składowisk odpadów, przeprowadzona przez Katedrę Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego dla dawnego województwa warszawskiego. O dynamice wzrostu ich ilości mogą także świadczyć wykonywane w kilkuletnich odstępach mapy geologiczno-inżynierskie dla Warszawy.

Występowanie gruntów antropogenicznych należy wiązać przede wszystkim z obszarami aglomeracji miejskich, obszarami szlaków komunikacyjnych, składowisk odpadów i zwałowisk nadkładu. W Warszawie grunty te charakteryzują się zróżnicowaną miąższością (od jednego do kilkunastu metrów). Występują jako grunty organiczne na Starym Mieście (tzw. Gnojna Góra) oraz na Nowym Mieście, jako gruz budowlany związany ze zburzeniem miasta w czasie działań wojennych w postaci zwałowisk na Szczęśliwcach, Moczydle i przy ul. Bartyckiej, jako nadbudowa terenu (do 2 m) na obszarze byłego getta żydowskiego w rejonie Muranowa i w podłożu północnej części Wisłostrady oraz jako składowiska odpadów komunalnych (Radiowo) oraz popiołów i żużli (elektrociepłownie: Żerań, Sierki i Kawęczyn).

W związku z niejednorodnością gruntów antropogenicznych, zmiennością ich właściwości i podatnością na działanie czynników geodynamicznych proponuje się, aby istotny stopień złożoności podłoża w ustalaniu kategorii geotechnicznej (*Instrukcja badań podłoża gruntowego bu-*

dowli drogowych i mostowych, 1998) podnieść o jeden, np. z prostych na złożone.

W zaproponowanym poniżej podziale, jak i w poprzednich podziałach autora (Drağowski, 1979; Bażyński i in., 1999) wydzielono zasadniczo 3 grupy gruntów antropogenicznych. W obecnej klasyfikacji doprecyzowano ich nazwy, wyróżniając (ryc. 1):

I. nasypy – grunty powstałe na skutek urabiania, transportu i powtórnego zdeponowania materiału skalnego. Ze względu na technologię deponowania należy wyróżnić nasypy kontrolowane i niekontrolowane. Do grupy nasypów należą m.in. grunty zwałowisk wewnętrznych i zewnętrznych kopalń odkrywkowych, hałd górniczych, nasypów drogowych, obwałowań i innych budownictwa ziemnego;

II. grunty powstałe jako odpady technologiczne z produkcji przemysłowej. Grupa silnie zróżnicowana pod względem właściwości chemicznych, fizycznych, wytrzymałościowych i oddziaływania na środowisko. Zaliczono do niej m.in. odpady masowe, jak popioły z energetyki, odpady związane z różnymi branżami gospodarki, zgodnie z *Ustawą z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach* (Dz.U. Nr 62, poz. 628, z późn. zm.);

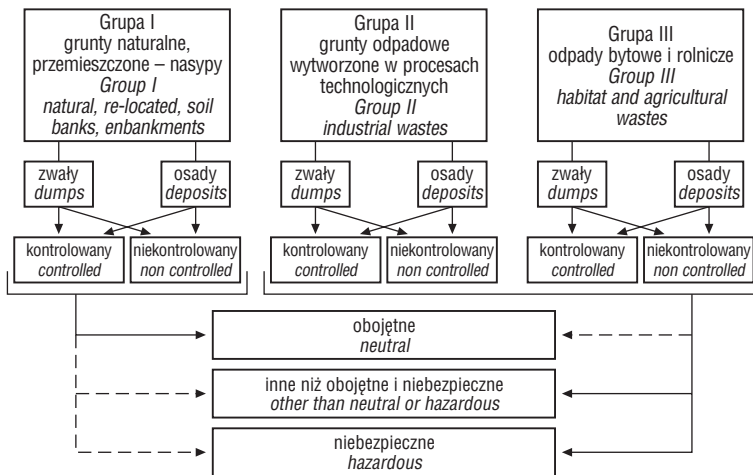
III. grunty stanowiące odpady bytowe, rolnicze, budowlane. Do tej grupy należy zaliczyć odpady komunalne, osady z oczyszczalni ścieków, gruz budowlany. Charakteryzują się, za wyjątkiem gruzu, dużą zawartością substancji organicznej.

Zgodnie z polską tradycją grunty odpadowe są deponowane na składowiskach. Materiały niezaliczone do odpadów składowane są na zwałowiskach i hałdach.

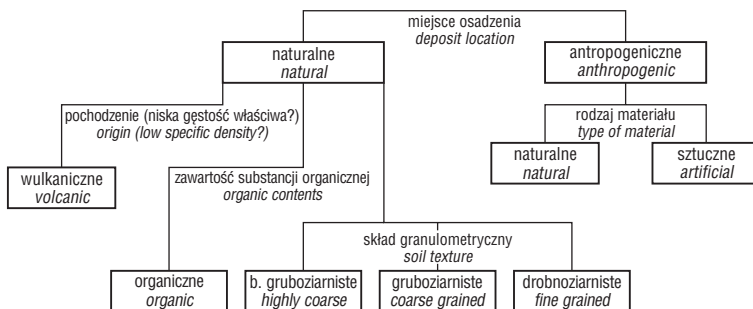
Podział zgodny z intencją autora (Drağowski, 1979, 1998, 2008) jest zawarty w PN-EN ISO 14688-1 i jest polską wersją normy europejskiej EN z 24 czerwca 2002 r. Schematyczny podział gruntów według tej normy przedstawia rycina 2.

Obecny podział gruntów antropogenicznych jest kontynuacją i udoskonaleniem podziałów z lat ubiegłych, uwzględnia aktualne nazewnictwo normowe i w odniesieniu do tych gruntów ma charakter uniwersalny. W stosunku do już omówionych aktów normatywnych jest jednocześnie bardziej szczegółowy.

Grunty antropogeniczne występują w zróżnicowanych formach, zależnych od technologii składowania (zwałowania) i wykorzystania do różnych celów. Do form aktualnie występujących należy zaliczyć: zwałowiska (zewnętrzne i wewnętrzne), składowiska, hałdy, nasypy, konstrukcje ziemne (np. nasypy drogowe, obwałowania). Poza tym grunty antropogeniczne mogą występować jako elementy makro-niwelacji i wpływać na zmianę ukształtowania powierzchni terenu. Grunty antropogeniczne jako warstwy kulturowe kształtowały również powierzchnię i podłoże w obrębie miast, szczególnie starych. Badania geologiczno-inżynierskie tych ostatnich powinny być prowadzone przy współpracy z archeologami i specjalistami od ochrony zabytków. Ślady działalności człowieka są często kryterium wskazującym na antropogeniczne pochodzenie warstw geologicznych.



Ryc. 1. Podział gruntów antropogenicznych
Fig. 1. The modified division of anthropogenic soils



Ryc. 2. Podział gruntów wg PN-EN ISO 14688-1
Fig. 2. Classification of soil according to PN-EN ISO 14688-1

Grunty antropogeniczne zawierające składniki mineralne powinny się opisywać podobnie jak grunty naturalne, a inne – z uwzględnieniem rodzajów i cech składników oraz proporcji ich udziału. Jeśli jest to możliwe, należy dodać, że skład granulometryczny odpowiada np. piaskowi drobnemu lub iłowi według PN-EN ISO 14688-1. W przypadku gruntów grupy I należy odróżnić nasyp kontrolowany od niekontrolowanego, przy czym ten pierwszy będzie nasypem formowanym zgodnie z określoną technologią, w której może być kontrolowana jego geometria, zagęszczenie oraz przyjęte techniki formowania.

W Polsce wszystkie grunty grup II i III, zgodnie z obowiązującymi przepisami, powinny być zwałowane i składowane jako kontrolowane, przynajmniej odnośnie do geometrii, objętości i – nie zawsze – zagęszczenia materiału. Stan zagęszczenia starych wysypisk gruntów antropogenicznych powinien być określany w badaniach wstępnych, rozpoznawczych.

Do gruntów antropogenicznych nie należy zaliczać gruntów rodzimych, które w warunkach *in situ* uległy zanieczyszczeniom chemicznym lub radioaktywnym. Stopień zanieczyszczenia ocenia się zgodnie z *Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi* (Dz.U. Nr 165, poz. 1359).

Ważnym czynnikiem wpływającym na właściwości gruntów antropogenicznych jest środowisko deponowania (wodne, na sucho) oraz sposób transportu (samochodowy, kolejowy, taśmo- lub rucociągowy). Wpływają one na strukturę materiału, przewidywalność cech w przestrzeni geologicznej oraz na cały szereg właściwości istotnych w ich późniejszym wykorzystaniu (materiał konstrukcyjny i kształtowanie jego właściwości np. przy składowaniu na mokro). Dlatego też warunki składowania w podziale gruntów stanowią ważne kryterium ich wyróżnienia na zwały i osady.

Zwały. Materiał składowany jest w sposób mechaniczny za pomocą różnorodnego sprzętu i technologii, poczynając od łopaty, a kończąc na specjalistycznych urządzeniach (zwałowarki); wykazuje zróżnicowanie trudne do przewidzenia – rozpoznanie cech wymaga odpowiednio szerszego zakresu badań.

Osady. Materiał jest osadzany w środowisku wodnym lub namywany według specjalnie opracowanej technologii. W obu przypadkach następuje sedymentacja materiału i jego rozfrakcjonowanie. W czasie odpływu wody następuje zagęszczenie materiału. W Polsce najczęściej stosowaną metodą składowania na mokro jest składowanie w stawach osadowych, w których – przy zapewnieniu odpowiedniej pojemności wodnej – następuje osadzenie się materiału i odsączenie w wyniku odprowadzenia wody nadosadowej. W składowiskach mokrych składowane są często odpady z energetyki cieplnej, odpady poflotacyjne (np. największe w Europie składowisko odpadów pomiedziowych Żelazny Most), z różnych branż przemysłu i górnictwa. Metoda pozwala na rozfrakcjonowanie osadu i odpowiednie kształtowanie jego właściwości, a także umożliwia budowę z namytego materiału kolejnych, wyższych obwałowań dla następnych etapów eksploatacji składowiska.

Podział na zwały i osady można odnieść do każdej z grup (ryc. 1). Materiał grupy I najczęściej jest zwałowany, ale stosuje się również technologie namywania np. obwałowań, a nawet zapór wodnych (Koronowo). W grupie II składowanie na mokro jest najczęściej stosowaną technologią w odniesieniu do popiołów z elektrowni węglowych, flotacji i wielu innych. W grupie III przeważa zwałowanie, ale na mokro często składuje się osady z oczyszczalni ścieków.

W podziale gruntów antropogenicznych, szczególnie do celów budowlanych, uwzględniono technologię zwałowania, wydzielając zwały (nasypy) kontrolowane i zwały (nasypy) niekontrolowane.

W zwałach (nasypach) kontrolowanych ustalane są zasady formowania materiału, geometria zwałowiska, grubość warstw deponowania, parametry zagęszczenia (wilgotność optymalna, wskaźnik zagęszczenia), sprzęt zagęszczający, liczba przejazdów i kontrola zagęszczenia.

Grunty antropogeniczne w opracowaniach kartograficznych

W geologiczno-inżynierskich pracach kartograficznych istotne jest określenie zasięgu i formy występowania gruntów antropogenicznych, miąższości oraz ich cech materiałowych (litologicznych) i genezy. Szczegółowość rozpoznania zależy od skali mapy.

W przypadku gruntów antropogenicznych, które mogą oddziaływać szkodliwie na środowisko, należy dążyć do określenia ich składu chemicznego i ustalenia stopnia zagrożenia dla zdrowia i życia ludzi oraz środowiska przyrodniczego.

Na obszarach występowania gruntów antropogenicznych, ze względu na trudną do przewidzenia zmienność ich cech, powinno być wymagane zwiększenie zakresu badań. Tereny, na których występują grunty antropogeniczne, powinny być zakwalifikowane o jeden stopień wyżej w ocenie złożoności budowy geologicznej terenu, niż by to wynikało z naturalnie ukształtowanej budowy geologicznej.

Grunty antropogeniczne na mapach geologicznych, poza sporadycznie wykonywanymi mapami w dokumentacjach geologiczno-inżynierskich, są zaznaczane rzadko, jedynie w ramach atlasów geologiczno-inżynierskich aglomeracji miejskich zamawianych przez Ministerstwo Środowiska i finansowanych z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Atlasy powstały już dla wszystkich większych aglomeracji miejskich i miejsko-przemysłowych w Polsce. Wykonywana w ramach atlasu mapa gruntów antropogenicznych, podobnie jak cały atlas, ma formę mapy cyfrowej, opartej na bazie danych geologicznych, która zawiera miąższości i formy występowania (zwałowiska, składowiska, hałdy, nasypy budowlane) gruntów antropogenicznych (zob. Frankowski i in., s. 918).

Wydaje się, że w miarę rozwoju cywilizacyjnego i przyrostu ilości gruntów antropogenicznych konieczne będzie uwzględnianie ich w opracowaniach kartograficznych, także seryjnych, jak *Mapa geośrodowiskowa*, *Mapa hydrogeologiczna*, a także *Szczegółowa mapa geologiczna Polski*, a już na pewno na mapach w skali 1 : 10 000 i większych. Często występują przypadki, gdy na mapach są zaznaczone grunty naturalne rodzime, a w trakcie badań okazuje się, że od powierzchni występują grunty antropogeniczne o całkowicie odmiennych cechach niż się spodziewano.

Ocena gruntów antropogenicznych ze względu na warunki ich składowania i zwałowania

W celu optymalnego doboru technologii składowania lub zwałowania należy wykonać badania właściwości konstrukcyjnych materiału, dokonując oceny oddziaływania składowanego materiału na środowisko. W badaniach tych należy uwzględnić metodę składowania materiału – w formie zwału albo na mokro. W pierwszym przypadku istotne będą:

- zagęszczalność materiału;
- odkształcalność;
- parametry określające stateczność skarp;
- zmienność cech fizycznych i wytrzymałościowych pod wpływem przyrastających warstw składowanych gruntów;
- podatność na erozję;
- rozwój procesów chemicznych i biochemicznych, np. powstawanie biogazu.

W przypadku składowania na mokro należy określić:

- warunki rozfrakcjonowania materiału w procesie namywania i sedymentacji jako istotnego procesu w kształtowaniu właściwości materiału namywanego;
- właściwości filtracyjne (współczynnik filtracji i odsączalności);
- deformacje filtracyjne gruntów, ze szczególnym uwzględnieniem sufozji i przebicia hydraulicznego;
- podatność na erozję (rozmywalność);
- możliwość wykorzystania materiału do nadbudowy obwałowań i jako podłoża.

W wyniku tych badań dla obydwu typów składowisk lub zwałowisk powinny być określone: geometria składowiska, technologia zwałowania lub namywania, systemy zabezpieczające eksploatację, kierunki rekultywacji i zagospodarowania.

Badania geologiczno-inżynierskie na potrzeby wykorzystania gruntów antropogenicznych jako podłoża budowlanego

Jako podłoże budowlane mogą być rozważane tylko grunty antropogeniczne grupy I i II oraz gruz budowlany z grupy III, występujące w formie składowisk pogórnich, poenergetycznych, obszarów zrehabilitowanych wyrobisk i terenów po makroniwelacji. Ze względu na swoje właściwości związane ze świeżością struktur i słabą konsolidacją mogą być oceniane jako podłoże budowlane po przeprowadzeniu badań, których zakres umożliwi obliczanie nośności i osiadania według II stanu granicznego, zgodnie z normą PN-81/B-03020. W koncepcji zabudowy na tych gruntach należy brać pod uwagę przede wszystkim obiekty lekkie o odpowiednio zaprojektowanych fundamentach (ławy o wzmocnionym uzbrojeniu, ruszt, płyty fundamentowe).

Oceniając te grunty jako podłoże, należy również uwzględnić:

- nachylenie ich powierzchni,
- czynne procesy geodynamiczne,
- deformacje filtracyjne.

Budownictwo tego typu jest wykonywane na obszarach składowisk pogórnich i na terenach zrehabilitowanych wyrobisk poeksploatacyjnych (np. w rejonie Warszawy).

Wyjątkowego znaczenia w badaniach geologiczno-inżynierskich gruntów antropogenicznych i obszarów zdegradowanych, na których mogą wystąpić grunty *in situ*, ale zanieczyszczone chemicznie, nabierają badania geochemiczne. W wyniku tych badań na obszarach skażonych

należy wydzielić strefy skażeń z uwzględnieniem ich stężeń i w nawiązaniu do tego określić możliwości zabudowy i ewentualnie kierunki utylizacji, umożliwiające lub polepszające warunki zabudowy.

Badania geologiczno-inżynierskie gruntów antropogenicznych jako materiału konstrukcyjnego

Grunty antropogeniczne I i II grupy znajdują coraz większe zastosowanie jako materiał konstrukcyjny obiektów inżynierskich, takich jak: nasypy kolejowe i drogowe, zapory o niewielkim piętrzeniu, obwałowania składowisk mokrych i wały przeciwpowodziowe. Poza tym grunty te w bardzo dużym zakresie są stosowane do rekultywacji technicznej (m.in. wypełniania niecek osiadań powęglowych i posiarzkowych oraz wyrobisk podziemnych), jako warstwy izolacyjne i składnik formowanych mineralnych warstw izolacyjnych, a także jako element mieszanek gruntowych polepszających i uzdatniających grunty na określone potrzeby (Masłowski, 2009).

Z uwagi na duży wachlarz zastosowań gruntów antropogenicznych cele badawcze i zakres badań są bardzo zróżnicowane (Glinko & Bizoń, 1994; Burkhard i in., 1997; Pisarczyk, 2004; Masłowski, 2009). W przypadku obiektów inżynierskich, podobnie jak dla gruntów naturalnych, rodzimych, istotne jest badanie parametrów zagęszczalności, dobór sprzętu zagęszczającego i technologii zagęszczania, ale także uwzględnienie ewentualnych przemian geochemicznych gruntów w budowanych oraz ich stopień agresywności w stosunku do konstrukcji betonowych i stalowych. W przypadku wykonywania nasypów ważne też jest określenie ewentualnego wpływu odcieków na grunty i wody podziemne.

W czasie rekultywacji, szczególnie wyrobisk w obrębie aglomeracji miejskich i na obszarach przemysłowych, należy dążyć do uzyskania takiego zagęszczenia w budowanych gruntów antropogenicznych, aby po jej zakończeniu teren mógł być zagospodarowany do budowy obiektów kubaturowych, magazynowych i placów składowych, szczególnie przydatnych w takich strefach osiedleńczych.

Badania nad wykorzystaniem gruntów antropogenicznych jako mineralnych warstw izolacyjnych wymaga zastosowania bardzo złożonych i specjalistycznych badań, dotyczących przede wszystkim zagadnień procentowego udziału we frakcji ilowej poszczególnych grup minerałów ilastych, właściwości sorpcyjnych i desorpcyjnych, przemieszczania się zanieczyszczeń drogą filtracji i dyfuzji, a także urabialności, zagęszczalności itp.

Zakres i kierunki badań

Ze względu na zróżnicowane właściwości gruntów antropogenicznych, jak i duży zakres celów badawczych, uwarunkowanych rodzajem ich składowania i wykorzystania, problematyka badawcza jest daleka od tradycyjnie pojmowanej i dotyczyć musi różnych aspektów funkcjonowania tych gruntów w środowisku. Poniżej przedstawiono problemy badawcze i kierunki badań gruntów antropogenicznych w nawiązaniu do ich roli i funkcji w środowisku geologicznym (Dragowski, 1998).

Prace kartograficzne na obszarach występowania gruntów antropogenicznych – sporządzanie map:

- geologicznych (1 : 50 000 i większych);
- geologiczno-inżynierskich (atlas geologiczno-inżynierskie);

- geośrodowiskowych.

Właściwości gruntów antropogenicznych przewidzianych do składowania:

- wybór technologii składowania (zwałowisko, składowisko mokre);
- wybór geometrii składowiska ze względu na stateczność skarp i czynne procesy geodynamiczne.

Wybór lokalizacji składowiska, strefy jego przewidywanego oddziaływania, badania podłoża – ocena właściwości podłoża jako bariery geologicznej.

Badania geologiczno-inżynierskie w celu oceny oddziaływania na środowisko:

- wpływ składowiska na środowisko geologiczne w fazie budowy, eksploatacji i rekultywacji;
- ocena stanu środowiska geologicznego przed eksploatacją lub w trakcie niej;
- prognoza zmian;
- sposoby eliminowania skutków negatywnego oddziaływania na środowisko.

Wykorzystanie gruntów antropogenicznych jako podłoża budowli:

- ustalenie nośności i odkształcalności gruntów dla obiektów kubaturowych o lekkiej konstrukcji, liniowych, specjalnych (płace składowe), z uwzględnieniem morfologii terenu i czynnych procesów geodynamicznych;
- polepszanie właściwości gruntów antropogenicznych. Zastosowanie gruntów antropogenicznych jako materiału konstrukcyjnego do:
- budowy obiektów inżynierskich (nasyków kolejowych i drogowych);
- rekultywacji;
- wykonania mieszanek gruntowych i warstw izolacyjnych;
- produkcji materiałów budowlanych i innych wyrobów.

Rozpoznawanie gruntów antropogenicznych

Rozpoznawanie gruntów antropogenicznych występujących w czytelnym, nadpoziomym formach morfologicznych (jak składowiska odpadów, hałdy czy zwałowiska) jest stosunkowo łatwe. Znacznie trudniej jest rozpoznać zasięg występowania gruntów występujących podpoziomowo lub jako składowisko czy zwałowisko mieszane. Jeszcze trudniej jest, gdy grunty antropogeniczne były zdeponowane w sposób niekontrolowany. Istotną pomocą w tych przypadkach mogą być materiały archiwalne i wywiady. Przestrzenne wydzielenie gruntów antropogenicznych powinno opierać się na cyklu badań terenowych i laboratoryjnych, głównie w otworach wiertniczych i sondowaniach, dzięki którym można określić zasięg ich występowania, śledząc cechy charakterystyczne gruntu. Bardzo istotne będą tu nawet niewielkie fragmenty kulturowe. Ostatecznych rozstrzygnięć powinny dostarczyć badania laboratoryjne.

Wnioski

Przedstawiony przez autora w 1979 r. podział gruntów antropogenicznych okazał się generalnie wyprzedzający w stosunku do wydzielen tych gruntów w PN-EN ISO 14688-1, a aktualnie przez niego przyjęty jest znacznie bardziej szczegółowy niż podany w ISO, ponieważ uwzględnia pochodzenie i właściwości gruntów.

W zaproponowanym podziale, jak i w poprzednich, wydzielono zasadniczo trzy grupy gruntów antropogenicznych. W obecnym doprecyzowano ich nazwy, wyróżniając:

- I. grunty powstałe na skutek urabiania, transportu i powtórnego zdeponowania materiału – nasypy;
- II. grunty powstałe jako odpady technologiczne z produkcji przemysłowej i gospodarczej;
- III. grunty stanowiące odpady stałe bytowe, rolne, cze, budowlane.

W obrębie tych 3 grup grunty dzieli się ze względu na:

- środowisko depozycji materiału – zwały i osady;
- technologię – grunty deponowane w sposób kontrolowany i niekontrolowany;
- skład chemiczny i oddziaływanie na środowisko w nawiązaniu do *Ustawy o odpadach* (Dz.U. Nr 62, poz. 628, z późn. zm.) – grunty obojętne, inne niż obojętne i niebezpieczne oraz niebezpieczne;
- wyjątkowe, specyficzne właściwości tych gruntów.

Należy rozpatrywać konkretne przypadki i uwzględniać: skład mineralny, strukturę i przemiennosc cech gruntów, zdolność do pęcznienia i skurczu, rozpuszczalność, podatność na deformacje filtracyjne, osiadanie zapadowe, samozapłon.

Opisy gruntów antropogenicznych (grupa I) należy prowadzić, jeśli to możliwe, jak dla gruntów naturalnych, w innych przypadkach trzeba określić główne składniki materiału, ich udział w budowie gruntu, charakter i właściwości.

Literatura

- BAŻYŃSKI J., DRĄGOWSKI A., FRANKOWSKI Z., KACZYŃSKI R., RYBICKI S. & WYSOKIŃSKI L. 1999 – Zasady sporządzania dokumentacji geologiczno-inżynierskich. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- BURKHARD G., EGLOFFSTEIN T. & MAUBEUGE P. 1997 – Porównanie systemów uszczelnienia składowisk odpadów – próba interpretacji pojęcia porównywalność (równoważność). Mat. Konf. „Geotechnika w budowie składowisk odpadów”, Pułtusk.
- DRĄGOWSKI A. 1979 – Wybrane problemy badawcze zwierzchni i gruntów antropogenicznych dla posadawiania budowli. Mat. Konf. „Budownictwo na gruntach słabych, nasypowych i antropogenicznych rejonu Warszawy”, Warszawa.
- DRĄGOWSKI A. 1998 – Grunty antropogeniczne w badaniach geologiczno-inżynierskich. Mat. II Ogólnopolskiego Symp. „Współczesne problemy geologii inżynierskiej w Polsce”. Wyd. UAM, Poznań.
- DRĄGOWSKI A. 2008 – Impact of anthropogenic environmental changes on geological and engineering conditions for the setting of buildings. Geologija, 50: S62–S67, Vilnius.
- GLINKO H. & BIZON K. 1994 – Możliwości wykorzystania karbońskiej skały płonnej do rekultywacji terenów zdegradowanych działalnością górnictwem. V Konferencja „Problemy geologii i ekologii w górnictwie podziemnym”, Szczyrk, 12–14.10.1994: 333–339.
- Instrukcja** badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych, 1998, GDDP, Warszawa.
- MASŁOWSKI D. 2009 – Gospodarowanie produktami spalania odpadów. Mat. Konf. „Popioły z energetyki”, Zakopane, 21–24.10.2009.
- PISARCZYK S. 2004 – Grunty nasypowe. Oficyna Wyd. Politechn. Warsz., Warszawa.
- PN-54/B-02480 – Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów.
- PN-74/B-02480 – Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów.
- PN-86/B-02480 – Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów.
- PN-EN ISO 14688-1:2006 – Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część 1: Oznaczanie i opis.
- Rozporządzenie** Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. Dz.U. Nr 165, poz. 1359.
- SUJKOWSKI Z. & RÓŻYCKI S. 1937 – Geologia Warszawy. Wyd. Wod. i Kan. oraz Wyd. Techn. Zarządu Miejskiego M.St. Warszawy, Warszawa.
- Ustawa** z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach. Dz.U. Nr 62, poz. 628, z późniejszymi zmianami.

Praca wpłynęła do redakcji 30.06.2010 r.

Po recenzji akceptowano do druku 26.07.2010 r.