

## PLEJSTOCENSKIE ŚLIMAKI LĄDOWE ZE STANOWISKA ŁUCZYCE K. PRZEMYSŁA

UKD 564.3:551.793(438.242)

Odkryte przez W. Laskowską-Wysoczańską stanowisko plejstocenских ślimaków lądowych w Łuczycach należy do nielicznych znalezisk tego typu w Karpatach. Stanowiska te skupione są w dolinie Dunajca: w Krościenku, Szczawnicy, Naszacowicach i Podegrodziu koło Nowego Sącza. Nieliczny gatunkowo zespół ślimaków (w sumie 7 gatunków) wystąpił tam w osadach soliflukcyjnych i deluwialnych. Lapidarną ocenę tego zespołu zawarto w syntetycznym opracowaniu malakofauny Karpat: „Jest to fauna, która zasiedlała obszar Karpat

w surowych warunkach klimatycznych ostatniego glacjału i jego schyłkowej fazy” (3, str. 190).

Podobne pod względem genetycznym stanowisko z ostatniego zlodowacenia znaleziono w osadach deluwialnych w Osobnicy koło Jasła (5), zawierające obok gatunków lądowych, pojedyncze okazy ślimaków wodnych — *Lymnaea truncatula* (Müller) i *Gyraulus laevis* (Alder).

Najbliżej Łuczyc znajduje się znane stanowisko w Nehrybce, ale jego profil geologiczny jest odmienny litolo-

gicznie. Nehrybka reprezentuje typowy profil lessowy, natomiast profil z Łuczyc ma charakter eoliczno-deluwialny. Korelację obu profili przedstawiła W. Laskowska-Wysoczańska (8).

Zespoły malakologiczne w obu profilach, mimo pewnych różnic w składzie gatunkowym (w Nehrybce znaleziono tylko 2 gatunki: *Succinea oblonga elongata* Sandberger i *Pupilla loessica* Ložek), wskazują na podobne warunki klimatyczne panujące w czasie powstawania warstw z fauną w profilach Łuczyc i Nehrybka. Oba profile powstały w czasie zlodowacenia północnopolskiego, ale nie synchronicznie. Warstwa z fauną z Łuczyc — według interpretacji W. Laskowskiej-Wysoczańskiej (8) jest związana z wczesnymi fazami zlodowacenia północnopolskiego, natomiast warstwa z fauną z Nehrybki — z jego młodszymi fazami.

W zbadanej próbce oznaczono 8 gatunków ślimaków łądowych (tab.). Stan zachowania muszli był na ogół zły; przeważnie były to początkowe (1–2) skręty muszli, ale u większości oznaczonych gatunków znaleziono po kilka lub kilkanaście okazów dobrze zachowanych, a jedynie u gatunku *Trichia unidentata* ocalał tylko fragment muszli z charakterystycznym zębem.

#### SPIS GATUNKÓW ŚLIMAKÓW ZE STANOWISKA ŁUCZYCE

Gatunek	Liczba okazów
<i>Clausilia dubia</i> Draparnaud	15
<i>Columella columella</i> (Martens)	44
<i>Eucomulus fulvus</i> (Müller)	1
<i>Pupilla muscorum</i> (Linnaeus)	101
<i>Succinea oblonga elongata</i> Sandberger	71
<i>Trichia hispida</i> (Linnaeus)	76
<i>Trichia unidentata</i> (Draparnaud)	1
<i>Vallonia tenuilabris</i> (Braun)	94

Oprócz muszli ślimaków i ich szczątków, w próbce znaleziono także dobrze zachowane jaja ślimaków oraz rhizolity piaszczyste.

#### OPIS POSZCZEGÓLNYCH GATUNKÓW

##### *Clausilia dubia* Draparnaud (ryc. 1.1)

**Mat.\*:** Przeważnie zachowały się tylko wierzchołki i początkowe skręty. Cztery egzemplarze mają dobrze zachowane diagnostyczne ujście. Wymiary całej muszli: wys. 13 mm, szer. 3,3 mm, skorupka brązowobeżowa o dość rzadkich żeberkach (8 na 1 mm).

**Ekol.:** Gatunek obecnie zasiedlający przede wszystkim okolice górskie, ale również równiny. Miejscami osiąga wysokogórskie regiony do 2600 m npm. Ulubionym środowiskiem są skały wapienne. Przebywa na umiarkowanie wilgotnych, ocienionych skałach, ale także, choć rzadziej w lasach — przy pniach drzew (9).

**Geogr.:** Środkowoeuropejski. Rozprzestrzeniony od S i E Francji do Karpat włącznie oraz od Albanii do Gór

\* Poszczególne gatunki opisano w następującym układzie:  
1 — Mat. (materiał) — opis stanu zachowania muszli i dane liczbowe (wymiary).

2 — Ekol. (ekologia) — opis środowiska w jakim obecnie żyje oznaczony gatunek.

3 — Geogr. — ogólne obecne geograficzne rozmieszczenie opisywanego gatunku w Polsce i Europie.

4 — Q — występowanie w osadach czwartorzędowych Polski i Europy.

Harcu, ale w izolowanych stanowiskach i lokalnie — sięga nawet do N Szwecji. W Polsce obejmuje swym zasięgiem głównie obszary górskie, gdzie jest najpospolitszym świdrzykiem, natomiast na niżu występuje bardzo rzadko (19). Szczegółowe rozmieszczenie tego gatunku w Polsce podaje A. Riedel (13).

**Q:** W osadach czwartorzędowych znajdowano go w osadach zarówno z okresów ciepłych, jak i zimnych. Należy do charakterystycznych ślimaków lessowych. W Polsce znaleziono go w kilku stanowiskach holocenijskich i zlodowacenia północnopolskiego (15), ale także w dolnopolejstocenijskich (17).

##### *Columella columella* (Martens) (ryc. 1.2)

**Mat.:** Muszle woskowobeżowe z białym szczytem, delikatnie prążkowane, przeważnie źle zachowane; tylko 15 egzemplarzy ma więcej niż 4 skręty, całe muszle mają 6 skrętów, przy czym ostatni — o największej szerokości. Wymiary: wys. 2,6 mm, szer. 1,1 mm.

**Ekol.:** Stanowiska otwarte; na trawiastych zboczach, w darni — między kamieniami, w miejscach bogatych w wapń, gatunek charakterystyczny dla podmokłych łąk i subarktycznych mokrych lasów (6). W Alpach spotykany do wysokości 2900 m npm.

**Geogr.:** Gatunek arktyczno-alpejski. Występuje w N Europie (między 67–71° szer. geogr. półn.) i wysokich górach środkowej i miejscami południowej Europy; przede wszystkim w Alpach, Karkonoszach i Tatrach, ale także w Pirenejach i na Krymie.

**Q:** Gatunek ten jest przewodni dla okresów zimnych w czwartorzędzie. Typowy gatunek lessowy. Powszechnie występuje w lessach środkowej Europy; od doliny Renu do środkowego Dniepru, ale znajdowany także w innych osadach plejstocenijskich. Na obszarze Polski znaleziono go w kilku stanowiskach różnego wieku: w osadach zlodowacenia środkowopolskiego, północnopolskiego i holocenijskich (10, 15, 16).

##### *Eucomulus fulvus* (Müller)

**Mat.:** Znaleziono tylko 1 egzemplarz dobrze zachowany o wys. 2,1 mm i szer. 3,1 mm. Powierzchnia skorupki błyszcząca — od dołu i od góry.

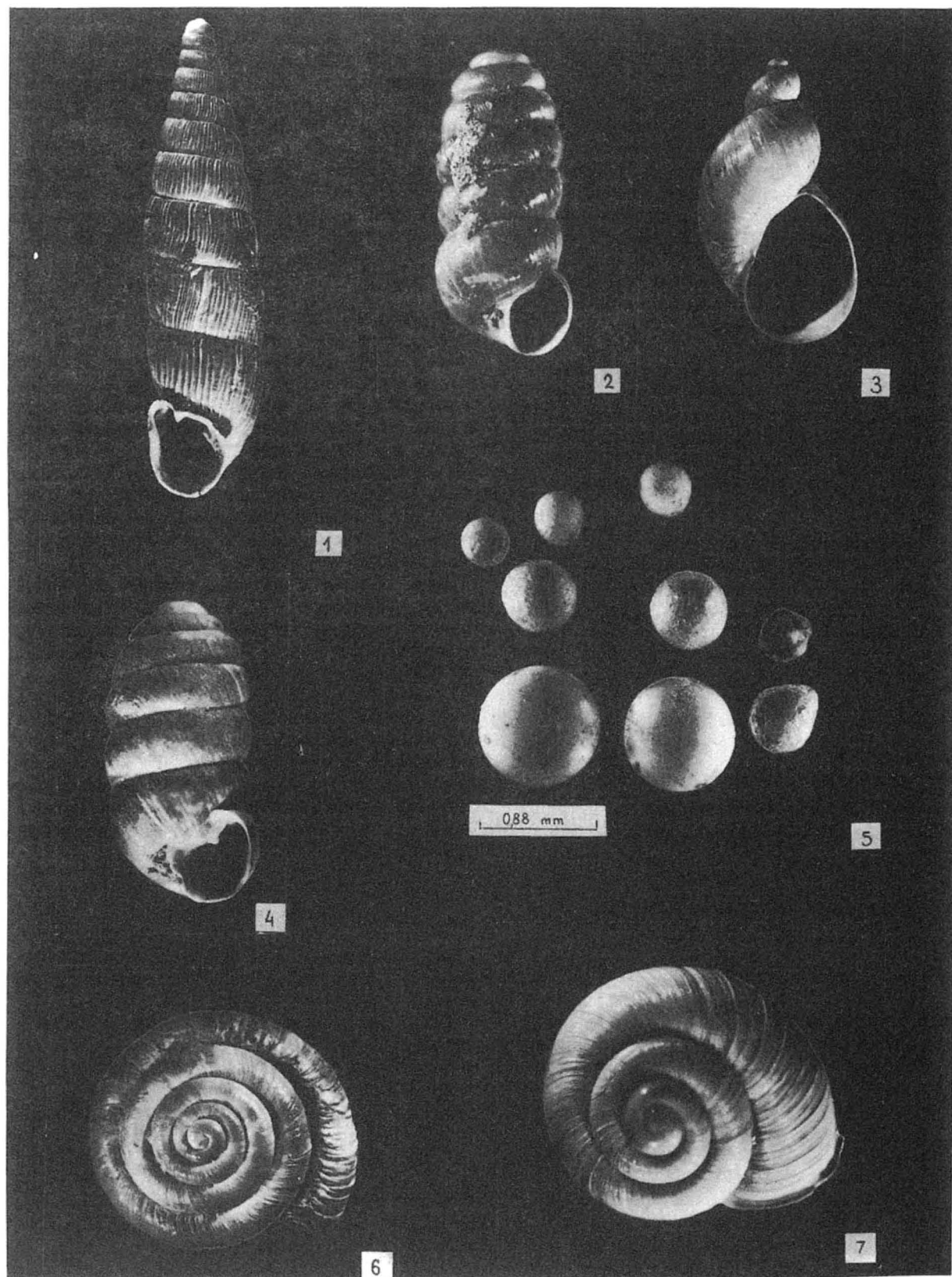
**Ekol.:** Żyje przeważnie na mokrych łąkach, ale także w zaroślach i w lasach: w mchu, pod kawałkami drewna i opadłymi liśćmi oraz pod kamieniami, miejscami również na suchych skałach.

**Geogr.:** Gatunek holarktyczny — od N Afryki do Przylądka Północnego w Norwegii.

**Q:** Znajdowany powszechnie w osadach okresów ciepłych i zimnych, miejscami także w lessach. W Polsce jest znany z kilkunastu stanowisk, przeważnie holocenijskich, zlodowacenia północnopolskiego i eemskich (11, 15), ale także z dolnego plejstocenu (17).

##### *Pupilla muscorum* (Linnaeus) (ryc. 1. 4)

**Mat.:** Jest to gatunek najliczniej reprezentowany w badanej próbce. Większość okazów jest uszkodzona; zachowały się przede wszystkim górne części skrętki. 9 sztuk ma dobrze zachowane ujście. Całe okazy są typowe dla tego gatunku: muszla złożona z 6<sup>1</sup>/<sub>2</sub> skrętów, ujście z 1 zębem i stożkowatym szczytem. Wys. 3,3 mm, szer. 1,8 mm.



Ryc. 1. Gatunki ślimaków ze stanowiska Łuczyce

1 - *Clausilia dubia* Draparnaud, MUZ PIG 1595.II.1, wys. 12,8 mm, szer. 3,2 mm; 2 - *Columella columella* (Martens), MUZ PIG 1595.II.2, wys. 3,1 mm, szer. 1,3 mm; 3 - *Succinea oblonga elongata* Sandberger, MUZ PIG 1595.II.3, wys. 5,8 mm, szer. 3,0 mm; 4 - *Pupilla muscorum* (Linnaeus), MUZ PIG 1595.II.4,

wys. 3,8 mm, szer. 1,8 mm; 5 - jaja ślimaków lądowych, MUZ PIG 1595.II.7; 6 - *Trichia hispida* (Linnaeus), MUZ PIG 1595.II.5, wys. 3,1 mm, szer. 6,2 mm; 7 - *Vallonia tenuilabris* (Braun), MUZ PIG 1595.II.6, wys. 1,7 mm, szer. 3,2 mm. Fot. J. Modrzejewska

Fig. 1. The species of land snails from Łuczyce

**Ekol.:** Żyje w miejscach nasłonecznionych — od umiarkowanie wilgotnych łąk do stepowych, trawiastych zboczy, wśród korzonków roślin, pod kamieniami, grudkami gruntu — przede wszystkim na obszarach równinnych i wyżynnych. Charakterystyczna jest dla obszarów nadmorskich piasków wydmy (6).

**Geogr.:** Opisany gatunek obecnie rozprzestrzeniony jest w całej Europie. Ku północy sięga do Laponii (68° szer. geogr. półn. — 9). W Polsce jest bardzo pospolity na całym niżu (19).

**Q:** Powszechnie występuje w osadach czwartorzędowych Europy, począwszy od dolnego plejstocenu. Szczególnie często jest spotykany w lessach. Na terenie Polski został znaleziony w licznych stanowiskach różnego wieku — od zlodowacenia środkowopolskiego do holocenu włącznie (10, 14—16).

#### *Succinea oblonga elongata* Sandberger (ryc. 1.3)

**Mat.:** Białe muszle tej formy były dość dobrze zachowane (21 nie uszkodzonych muszli). Wymiary poszczególnych okazów zawierały się w przedziale: wys. 5,5—5,8, szer. 2,5—3,0 mm.

**Ekol.:** Gatunek *S. oblonga* jest przywiązany do miejsc wilgotnych — na trawiastych zboczach, ale i w lasach i zaroślach. Spotyka się go również w miejscach suchych. Formy plejstocenijskie, a więc również *S. oblonga elongata*, dostosowały się do środowisk suchych.

**Geogr.:** Gatunek eurosyberyjski. W Europie nie sięga zbyt daleko na północ; w Norwegii — do 67° szer. geogr. półn., w Szwecji do 63° szer. geogr. półn. W Finlandii nie występuje. Według niektórych nowszych opracowań, na Półwyspie Skandynawskim sięga tylko do okolic Oslo i Sztokholmu, a więc około 60° szer. geogr. półn.

**Q:** Gatunek ten, a zwłaszcza jego forma *S. o. elongata*, należy do najpowszechniej występujących ślimaków lessowych. Na terenie Polski jest znanych ponad 40 stanowisk tego gatunku w różnych osadach — od zlodowacenia środkowopolskiego do holocenu włącznie (10, 14—16). Podawany jest również z osadów zlodowacenia południowopolskiego (12).

#### *Trichia hispida* (Linnaeus) (ryc. 1.6)

**Mat.:** 14 egzemplarzy lepiej zachowanych, reszta mocno uszkodzona. Muszle beżowe i białe ze smugami beżowymi, miejscami widoczne ślady po włoskach. Największe muszle mają 5 skrętów, wys. 5,0 mm i szer. 6,5 mm.

**Ekol.:** Żyje w dolinach i na zboczach, na przestrzeni otwartej, np. na łąkach, a także w zaroślach i lasach. Przebywa wśród roślin, pod liśćmi, kawałkami drewna, na piargach i osepiskach.

**Geogr.:** Gatunek europejski. Zajmuje duże obszary Europy: od Kaukazu i Dunaju do 63° szer. geogr. półn. w Szwecji i 66° szer. geogr. półn. w Norwegii, ale pojedyncze stanowiska spotyka się do 69° szer. geogr. półn. W Polsce jest bardzo pospolity na niżu (19).

**Q:** W osadach czwartorzędowych bardzo często spotykany w całej Europie (od osadów eoplejstocenijskich) — szczególnie z okresów zimnych. Jest to typowy gatunek lessowy. W Polsce oznaczony w kilkunastu stanowiskach, przede wszystkim osadów zlodowacenia północnopolskiego i holocenu (15, 16) pod nazwami rodzajowymi *Helix*, *Fruticola*, *Trichia*.

#### *Trichia unidentata* (Draparnaud)

**Mat.:** Zachował się tylko fragment ujścia z charakterystycznym zębem.

**Ekol.:** Zasiadła wilgotne lasy, przebywa pod opadłymi liśćmi, kawałkami drewna, między odłamkami skał w piargu — zarówno w dolinach, jak i na zboczach i skałach (9), zazwyczaj od 500 do 2000 m n.p.m. Miejscami wykracza ponad granicę lasu.

**Geogr.:** Wschodnioalpejski — zachodniokarpacki. Obejmuje swym zasięgiem Alpy (we francuskich i szwajcarskich Alpach rzadki), Sudety i Karpaty Zachodnie (do Wisłoki — 19), tak więc stanowisko Łuczyce znajduje się ok. 100 km na E od wschodniego, współczesnego zasięgu tego gatunku.

**Q:** Uznawany jest za ślimaka okresów ciepłych (19). Oznaczony w interglacjale holsztyńskim, eemskim i w holocenie Czechoślłowacji, ale także w zlodowaceniu ostatnim (würm — 9). W osadach czwartorzędowych Polski notowany jedynie przez S. Zaręcznego (20) jako *Helix unidentata* i S.W. Alexandrowicza (1) z okolic Krosna.

#### *Vallonia tenuilabris* (Braun) (ryc. 1.7)

**Mat.:** Muszle są przeważnie uszkodzone i mają tylko 1—2 skręty. Tylko 10 egzemplarzy nie uszkodzonych lub uszkodzonych minimalnie. Wymiary: wys. 1,6 mm, szer. 3,0 mm.

**Ekol.:** Żyje w obszarach zimnych stepów, między innymi na trawiastych zboczach górskich.

**Geogr.:** Współcześnie zamieszkuje Syberię, północne Chiny i góry środkowej Azji (9).

**Q:** Uznano go za gatunek wymarły na terenie Europy. W nielicznych przypadkach jest podawany z osadów staroholocenijskich (7, 9, 18). Jest to charakterystyczny gatunek zimnych okresów w plejstocenie Europy. Powszechnie występuje w lessach i utworach lessopodobnych, w mułkach i piaskach. W Polsce znaleziono tego lądowego ślimaka w co najmniej 20 stanowiskach (2, 10, 16), z których najstarsze należy do zlodowacenia południowopolskiego (12).

### WYNIKI OPRACOWANIA

1. Oznaczony zespół zawiera jedynie ślimaki lądowe, przy czym *Vallonia tenuilabris* jest gatunkiem wymarłym w Europie, a *Trichia unidentata* należy do gatunków rzadko spotykanych w okresie czwartorzędu w Polsce, ale którego rozprzestrzenienie było w plejstocenie większe niż obecnie.

2. Najliczniej są reprezentowane typowe gatunki lessowe: *Columella columella*, *Pupilla muscorum*, *Succinea oblonga*, *Trichia hispida* i *Vallonia tenuilabris*. Z pozostałych gatunków — *Clausilia dubia* jest ślimakiem charakterystycznym dla lessów, *Euconulus fulvus* bywa również spotykany w lessach, a jedynie *Trichia unidentata* może znajdować się tu na złożu wtórnym, jako bardziej ciepłolubny gatunek, choć jego obecne występowanie na wysokości do 2000 m w górach świadczy, że dobrze znosi ostrzejsze warunki klimatyczne.

3. Wniosek dotyczący paleoklimatu można lapidarnie ująć następująco: był to klimat zimny.

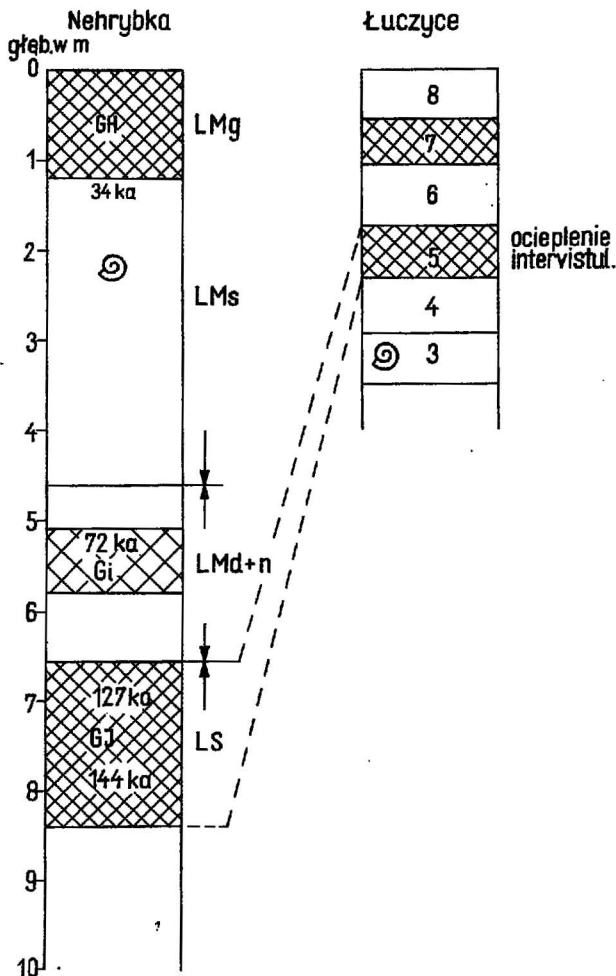
4. W konkluzji, na podstawie warunków ekologicznych, dalekiego ku N rozprzestrzenienia geograficznego i występowania w określonych utworach plejstocenijskich (lessy), można określić zespół oznaczonych gatunków jako zespół zimnolubny, żyjący na otwartym (nie zalesio-



nym) terenie, u podnóża zbocza, w klimacie zimnym, a więc w okresie zlodowacenia. Brak znaczniejszych domieszek gatunków ciepłolubnych sugeruje, że zespół ten jest *in situ* i żył w warunkach podobnych do warunków, w jakich zachodzi akumulacja lessu subaeralnego, ale to nie oznacza, że utwór geologiczny, w którym występuje omawiany zespół, można określić jako less. Być może zachodziło tu nakładanie się procesów eolicznych i zboczowych procesów zmywania, co obszerniej uzasadnia W. Laskowska-Wysoczańska (8) i na co wskazuje obecność gatunku *Trichia unidentata*, obcego dla tego zimnolubnego zespołu ślimaków lądowych.

W świetle nowej publikacji, zawierającej daty dotyczące profilu Nehrybki, uzyskane metodą termoluminescencji (TL) (4), prawdopodobna jest również inna interpretacja stratygraficzna warstwy z fauną z Łuczyc. Jeżeli przyjąć korelację warstwy 5 z Łuczyc z warstwą 8 z Nehrybki (8) i datowanie metodą TL warstwy 8 w Nehrybce (4), to faunę z Łuczyc, występującą pod warstwą 5 (ryc. 2), można zaliczyć do stadiau mazowiecko-podlaskiego (warty). W tym przypadku fauna nie pozwala na określenie jednostki stratygraficznej, ale określa paleoekologię i paleoklimat, panujący w czasie powstawania warstwy z opisaną fauną ślimaków lądowych.

## LITERATURA



Ryc. 2. Korelacja profili z Nehrybki (wg S.W. Alexandrowicza - 4) i Łuczyc (wg W. Laskowskiej-Wysoczańskiej - 8)

GH - gleba holocenańska, Gi - gleba interstadialna, GJ - gleba interglacialna (interglacjału eemskiego), LMg - less młodszy górny, LMs - less młodszy środkowy, LMd+n - less młodszy dolny + najniższy, LS - less starszy, 34 ka - 34 tysiące lat, 3-8 - numery warstw wg W. Laskowskiej-Wysoczańskiej (8)

Fig. 2. The correlation of the profiles from Nehrybka (after S.W. Alexandrowicz - 4) and Łuczyc (after W. Laskowska-Wysoczańska - 8)

GH - Holocene soil, Gi - interstadial soil, GJ - interglacial soil (Eemian), LMg - younger upper loess, LMs - younger middle loess, LS - older loess, 34 ka - 34 thousand years, 3-8 - the numbers of the layers (after W. Laskowska-Wysoczańska - 8)

- Alexandrowicz S.W. - Bull. Acad. Pol. Sc. Sér. Sc. Terre, 1981 nr 4 s. 243-255.
- Alexandrowicz S.W. - Przew. konfer. nt.: Późnowistuliańskie i holocenańskie zmiany środowiska geograficznego na obszarach lessowych Wyżyny Miechowskiej i Opatowsko-Sandomierskiej (część terenowa), Sosnowiec, 11-14 września 1983 s. 13-20.
- Alexandrowicz S.W. - Biul. Inst. Geol., 1984 nr 346 s. 187-205.
- Alexandrowicz S.W., Butrym J., Maruszczak H. - Zesz. Nauk. AGH nr 1216, Fol. Malacologia, 1989 nr 3 s. 7-21.
- Alexandrowicz S.W., Wójcik A. - Kwart. Geol., 1986 nr 1 s. 130.
- Korney M.P., Cameron R.A.D., Jungbluth J.H. - Die Landschnecken Nord- und Mitteleuropas. Paul Parey, Hamburg, Berlin, 1983.
- Kowalski K. - Fol. Quater., 1972 nr 41 s. 45-59.
- Laskowska-Wysoczańska W. - Prz. Geol., 1990 nr 11 s. 502-504.
- Łożek V. - Rozprawy Ústr. Úst. Geol., 1964 nr 31 s. 1-374.
- Piechocki A. - Przew. konfer. teren.: Less i zróżnicowanie typologiczne gleb kopalnych na Wyżynie Małopolskiej. Łódź, Inst. Geogr. UŁ, 23-25 października 1975 s. 5-10.
- Piechocki A. - Acta UŁ, 1981 s. 1-177.
- Polński W. - Posiedz. Nauk. Państw. Inst. Geol., 1927 nr 17 s. 21-22.
- Riedel A. - Katalog fauny Polski Cz. 36 t. 1. Ślimaki lądowe Inst. Zool. PAN, 1988.
- Skompski S. - [W:] Metodyka badań osadów czwartorzędowych (red. nauk. E. Rühle). Wyd. Geol., 1973 s. 231-255.
- Skompski S. - [W:] Budowa geologiczna Polski. T. 2. Katalog skamieniałości. Cz. 3b - Kenozoik. Czwartorzęd. Wyd. Geol., 1977 s. 12-27.
- Skompski S., Makowska A. - [W:] Budowa geologiczna Polski. T. 3. Atlas skamieniałości przewodnich i charakterystycznych. Cz. 3b - Kenozoik. Czwartorzęd. Wyd. Geol., 1989 s. 40-95.
- Stworzewicz E. - Wczesnoplejstocenańskie ślimaki lądowe z Kielnik i Koziego Grzbietu. Fol. Quater., 1981 nr 54 s. 43-77.
- Urbaniński J. - Biul. Państw. Inst. Geol., 1952 nr 66 s. 515-553.

19. **U r b a ń s k i J.** — Krajowe ślimaki i małże. Warszawa, 1957.
20. **Z a r ę c z n y S.** — Atlas geologiczny Galicyi. Tekst do zeszytu trzeciego. Kraków, 1894.

phical relations — as the Vistulian Glaciation (W. Laszkowska-Wysoczańska — 8).

## Р Е З Ю М Е

В юго-восточной Польше было обнаружено местонахождение континентальных гастроподов (В. Ляскоўска-Высочаньска), среди которых *Vallonia tenuilabris* это вымерший в Европе вид, а *Trichia unidentata* это вид редко встречаемый в Польше. Остальных 6 видов (таб. I) это лессовые виды. На этом основании эолово-делювиальные осадки, в которых находятся остатки гастропод, отнесены к ледниковому периоду. Таким образом, на основании малакологических исследований были определены климат и среда, возраст же местонахождения был определен на основании палеогеографических данных, как северопольское оледенение (В. Ляскоўска-Высочаньска, 1990).

## S U M M A R Y

In SE Poland was found a site of land snails, among which were found the species *Vallonia tenuilabris* (Braun), which is now extinct in Europe and *Trichia unidentata* (Draparnaud), one of the rare species in Poland. The other 6 species (Tab. I), are typical loess-species. On this base, the eolian-solifluction sediment, in which were found the remains of the snails must be correlate with a glaciation. Thus, on the base of the malacological analysis was determined the climate and ecology, while the age of this site has been interpreted — on the base of palaeogeogra-



STANISŁAW RYBICKI, JANUSZ HERZIG

Wydział Geologiczno-Poszukiwawczy AGH

## ANTROPOGENICZNE PRZEOBRAŻENIA ŚRODOWISKA GEOLOGICZNEGO ZADANIA GEOLOGII INŻYNIERSKIEJ

UKD 624.131:502.76

Na tle wielkiego zainteresowania zmianami i zagrożeniami, tzw. naturalnego środowiska człowieka (powietrze, woda, gleby), mniejszą uwagę poświęca się antropogenicznym zmianom powierzchniowej warstwy litosfery, zwanej umownie środowiskiem geologicznym. Zmiany te są głównie rezultatem inżynierskiej działalności człowieka i urbanizacji (budowa i rozbudowa miast, zakładów przemysłowych, dróg, kanałów, lotnisk, linii kolejowych, tuneli, zbiorników wodnych, tworzenie wysypisk odpadów, itp.). Poszczególne przejawy tej działalności mają różny zasięg powierzchniowy, od zupełnie lokalnego (np. pojedynczy budynek) do regionalnego (np. zagłębie górnicze, wielka aglomeracja miejska), a ich głębokość w obrębie litosfery waha się od kilku metrów do kilku kilometrów (najczęściej kilka do kilkudziesięciu metrów). Zakres zmian środowiska geologicznego związany jest nie tylko z wymiarami obiektu inżynierskiego, lecz najczęściej wykracza znacznie poza te wymiary. Ingerencja człowieka w środowisko geologiczne (antropopresja) nasila się coraz bardziej. Powstają w związku z tym nowe problemy techniczne i badawcze, co powoduje rozwój takich dyscyplin naukowych (technicznych) jak: geologia środowiska (environmental geology), geotechnika środowiska (environmental geotechnics), inżynieria środowiska (environmental engineering), geochemia środowiska (environmental geochemistry) itp. (1, 6, 7).

Jak więc na tle rozwoju zainteresowań antropogenicznymi zmianami środowiska geologicznego można widzieć rolę i zadania geologii inżynierskiej, która już ze swej

definicji zajmuje się relacjami między budowlą inżynierską a jej geologicznym podłożem i otoczeniem, w którym zachodzą różne procesy geologiczno-fizyczne? Relacje te zmieniały się w czasie rozwoju geologii inżynierskiej. Początkowo ograniczały się one głównie do dokumentowania warunków geologicznych i dokonywania ocen ich wpływu na bezpieczne posadowienie i eksploatację budowli inżynierskich. Później, lecz jeszcze w latach pięćdziesiątych (7), definiowano geologię inżynierską jako dział wiedzy, zajmujący się problematyką wpływu warunków geologicznych (budowa geologiczna, właściwości skał, procesy geologiczno-fizyczne) na bezpieczne posadowienie i eksploatację budowli oraz wtórnego wpływu tych obiektów na podłoże i otoczenie.

Pojęcie budowli inżynierskiej jest tu pojęciem ogólnym i dotyczy np. budynków, zapór wodnych, nasypów ziemnych, tuneli podziemnych itp. Ta rozszerzona definicja geologii inżynierskiej znajduje wyraz nie tylko w działalności praktycznej, lecz i problematyce sympozjów i kongresów międzynarodowych już od wielu lat (4). Mimo to wydaje się, że nie we wszystkich środowiskach w kraju nastąpiło odejście od tradycyjnie rozumianych zadań geologii inżynierskiej. Nie zawsze dostrzegany jest fakt, że problematyka antropogenicznych zmian środowiska geologicznego stanowi szansę dalszego rozwoju geologii inżynierskiej. Na tym tle warto zwrócić uwagę na problemy badawcze i praktyczne, jakie pojawiają się w związku z ingerencją człowieka w środowisko geologiczne.

**RODZAJE INŻYNIERSKIEJ DZIAŁALNOŚCI CZŁOWIEKA I JEJ SKUTKI DLA ŚRODOWISKA  
(WG – 9, CZĘŚCIOWO ZMODYFIKOWANE PRZEZ AUTORÓW)**

Rodzaj działalności człowieka	Możliwe negatywne skutki dla środowiska	GEOTECHNIKA ŚRODOWISKA	
		główne cele badawcze	zabiegi praktyczne dla ochrony środowiska
<b>A. MODYFIKOWANIE FIZYKOCHEMICZNYCH WŁAŚCIWOŚCI GRUNTÓW I ODPADÓW</b>			
Wytwarzanie odpadów Odsłanianie nowej powierzchni gruntu	zanieczyszczenie peptyzacja przypowierzchniowa degradacja i ubytki gruntu zanieczyszczenie wód powierzchniowych zmiany rolniczej przydatności gruntów pęcznienie gruntu	powtórne użycie odpadów ograniczenie oddziaływań odpadów kontrola zanieczyszczeń wyługowanych zawiesin, pyłów	stabilizacja mechaniczna stabilizacja chemiczna zobojętnienie szkodliwych odpadów produkcja nowych materiałów z odpadów oddziaływanie przez mikroorganizmy i bakterie
<b>B. USUWANIE (PRZEMIESZCZANIE) GRUNTÓW NA POWIERZCHNI</b>			
Wykopy drogowe, kolejowe, itp. Wykopy w obszarach zurbanizowanych Piaskownie, zwirownie Odkrywki kopalniane	erozja pogorszenie walorów estetycznych krajobrazu zmiana w cyrkulacji wód gruntowych obniżenie terenu	przewidywanie oddziaływań zmniejszenie negatywnych oddziaływań na krajobraz kontrola osiadania	ekologiczne niesprzeczne projektowania zboczy wykopów nowoczesne projektowanie budowli podpierających zbocza pokrywanie zboczy trawą i roślinnością wykorzystanie wykopów i odkrywek do innych użytecznych celów prace prowadzące do ochrony zwierciadła wód gruntowych
<b>C. WYDOBYWANIE GRUNTÓW SPOD POWIERZCHNI TERENU</b>			
Górnictwo podziemne Tunele, przejścia podziemne, itp. Sztuczne kawerny	osiadanie zmiany krążenia wód podziemnych obniżenia terenu	przewidywanie oddziaływań ograniczanie osiadań kontrola obniżeń	nowe techniki obudowy i podszadzenia wyrobisk prace prowadzące do ochrony zwierciadła wód gruntowych
<b>D. GROMADZENIE GRUNTÓW I ODPADÓW NA POWIERZCHNI</b>			
Hałdy węglowe Hałdy z odpadów górniczych Osadniki Nasypy mułów z prac pogłębiarskich Nasypy rekultywacyjne Wysypiska śmieci Osadniki odpadów pouranowych Odpady chemiczne	zaburzenia stateczności i zniszczenia zanieczyszczenia powierzchni i wód gruntowych zasolenie terenu zanieczyszczenia powietrza pyłami i gazami skażenie radioaktywne pogorszenie walorów krajobrazu	przewidywanie oddziaływań kontrola zanieczyszczeń wód gruntowych kontrola zanieczyszczeń powietrza tworzenie nowych terenów dla celów mieszkalnych i przemysłowych przywrócenie użytkowania terenu dla celów rolniczych i leśnych poprawa estetyki krajobrazu	projektowanie nasypów i obwałowań zbiorników z kontrolą drenażu stabilizacja odpadów przeprofilowywanie, zatrawianie i zadrzewianie nasypów i obwałowań łączenie wydobywanych gruntów z rozmieszczeniem odpadów
<b>E. PODZIEMNA EKSPLOATACJA PŁYNÓW</b>			
Pompowanie wody Wydobycie ropy Wydobycie gazu Czerpanie wód hydrotermalnych Ługowanie soli Wytop siarki Gazyfikacja podziemna węgla	obniżenie terenu spękania skał poziome ruchy terenu zmiany przepływu wód gruntowych przerywanie się słonych wód wzrost temperatury skał utlenianie substancji organicznych wzbudzona sejsmiczność	przewidywanie oddziaływań kontrola obniżeń ochrona poziomu zwierciadła wód	analiza i prognoza obniżeń analiza i prognoza zmian wód podziemnych powtórne nasycenie skał wodonośnych ekrany ilowe

F. ZBIORNIKI PŁYNÓW NA POWIERZCHNI			
Zbiorniki wykonane przez człowieka	erozja zmiany zwierciadła wód gruntowych zaburzenia stateczności zboczy sejsmiczność wzbudzona	przewidywanie oddziaływań kontrola stateczności zboczy	wykonanie urządzeń drenażowych analiza stateczności zboczy ograniczenie erozji wewnętrznej gruntów
G. PODZIEMNE SKŁADOWANIE			
Zrzuty zanieczyszczeń Magazynowanie wód Magazynowanie energii termalnej Magazynowanie paliw płynnych i chemikaliów Magazynowanie odpadów stałych Iniekcje zanieczyszczeń do skał	zanieczyszczenia wód podziemnych sejsmiczność wzbudzona zmniejszenie wytrzymałości zanieczyszczenie radioaktywne	ochrona wód gruntowych ochrona roślinności mineralizacja sejsmiczności wzbudzonej	badanie przepływu wód gruntowych ekrany i przesłony podziemne uszczelnienia
H. MIASTA			
Nadmierne obciążenie słabszych gruntów Wzrost wilgotności gruntów Zmiany przepływu wód gruntowych Wibracje gruntu Zanieczyszczanie podłoża bakteriami lub/i chemikaliami	zmiany naprężeń zaburzenia stateczności powstawanie kawern zmiany poziomu wód gruntowych zanieczyszczenia gruntu i wód gruntowych	przewidywanie oddziaływań zapewnienie długoterminowej stateczności	uczestnictwo w planowaniu miast uczestnictwo w formułowaniu przepisów budowlanych, wodnych oraz dotyczących składowania odpadów

W literaturze naukowej podawane są przykłady antropogenicznych zmian środowiska geologicznego oraz próby ich klasyfikacji (1, 2, 5, 6, 9). Rozpatrywane są dwa aspekty tego zagadnienia. Pierwszy dotyczy opisu procesów i zjawisk w środowisku geologicznym (np. zawodnienie gruntów, konsolidacja, pęcznienie, utrata stateczności itp.) w nawiązaniu do różnych przejawów inżynierskiej działalności człowieka. Drugi obejmuje rodzaje działalności inżynierskiej (np. tworzenie nasypów, wykopów, wznoszenie budynków, budowa dróg, zapór itp.) oraz procesy, które temu towarzyszą. To drugie podejście jest bardziej racjonalne.

Przekształcenia środowiska geologicznego w nawiązaniu do rodzajów działalności inżynierskiej prezentuje klasyfikacja przedstawiona w tabeli. Autorzy wymienionej klasyfikacji (9) wyróżniają osiem rodzajów działalności inżynierskiej człowieka, wywołujących negatywne skutki w środowisku naturalnym.

Nawiązując do wymienionych w tabeli głównych przejawów inżynierskiej działalności człowieka, należy zwrócić uwagę, że geotechnika środowiska jest w dużej mierze związana z różnymi odpadami (żużle, popioły, szlasy poflotacyjne, odpady górnicze, śmieci itp.). Znaczne ilości tych odpadów są w procesach geotechnicznych przekształcane w materiały i konstrukcje użyteczne (np. nasypy drogowe i kolejowe z odpadów górniczych i żużli, wypełnienia nierówności terenu, domieszki popiołów do stabilizacji gruntów, domieszki do asfaltów i pokryć drogowych, obwałowania zbiorników itp.). Niemniej jednak odpady będą stwarzać coraz większe problemy związane z zanieczyszczaniem środowiska gruntowo-wodnego, takie zaś działania geotechniczne, jak budowa ekranów filtracyjnych, geomembran, uszczelnień podłoża, itp. przyczynią się do zmniejszania się rozprze-

strzenia tego zjawiska. Dotychczas stosunkowo mało zwracano uwagę na właściwości fizykochemiczne oraz procesy fizykochemiczne w gruntach. Skupiano się głównie na badaniach ich właściwości inżynierskich oraz procesach technologicznych w środowisku geologicznym. Fizykochemia, biochemia i mineralogia gruntów pozostawały w cieniu problemów geotechnicznych. W geotechnice środowiska dziedziny te mogą odegrać jednak znaczną rolę. Biochemia gruntów wydaje się być tą nową dziedziną, która może rozwiązać wiele problemów zwłaszcza z odpadami, gdyż różnego rodzaju mikroorganizmy powodują często korzystne zmiany chemicznych właściwości odpadów i gruntów. Fizykochemiczna modyfikacja właściwości gruntów i odpadów pomaga poprawiać ich przydatność inżynierską, a także ograniczać lub eliminować szkodliwe oddziaływania na środowisko.

Zanieczyszczenia gruntu przez substancje pochodzące z różnych źródeł (substancje stałe i wyługowywane z odpadów, opadające pyły przemysłowe, deszcz, zanieczyszczenia gazowe itp.) powodują nie tylko zmiany takich właściwości gruntu jak: uziarnie, ilość i rodzaj minerałów ilastych, substancji organicznej, wilgotność, zagęszczenie, podatność na wietrzenie, erozję itp., co jest ważne z inżyniersko-geologicznego punktu widzenia, lecz sprawiają, że grunt staje się ośrodkiem toksycznym. Ważnym problemem więc jest i będzie detoksyfikacja gruntów (3). Znaczna rola, oprócz zabiegów geotechnicznych, przypada tu zwłaszcza mineralogii i fizykochemii gruntów ilastych.

W dotychczasowym projektowaniu różnych wykopów ziemnych, łącznie z odkrywkami kopalnianymi, geotechnicy i geolodzy inżynierscy zwracali uwagę głównie na mechaniczną stabilność zboczy, ich dobre odwodnienie, wykonanie ewentualnych prac przeciwosu-



wiskowych oraz związane z tym koszty. Zagadnienia niekorzystnych zmian w środowisku były i są w małym stopniu uwzględniane. Zwłaszcza odwodnienia terenu przy wykonywaniu wykopów prowadzą do niekorzystnych zmian. Odwadnianie powoduje osiadanie terenu na znacznych nieraz obszarach, co z kolei prowadzi do uszkodzeń obiektów budowlanych. Skutkiem odwodnienia bywa też uaktywnienie procesów krasowych i powstawanie zapadlisk, nie mówiąc o niekorzystnym wpływie odwodnienia na lasy, uprawy rolne itp. Już w fazie projektowania wykopów powinno się uwzględniać straty z tego tytułu i przewidywać przeciwdziałania. Podobne problemy występują przy prowadzeniu robót podziemnych, w tym głównie eksploatacji górniczej. Dotychczas zwracano tu głównie uwagę na osiadanie gruntu i stateczność budowli na powierzchni terenu, stosując dla ich ochrony specjalne systemy prowadzenia robót górniczych oraz wyrobisk. Wykonanie wyrobisk podziemnych wiąże się najczęściej z koniecznością odwodnienia górotworu, a jego skutki są nawet większe niż przy odwadnianiu wykopów powierzchniowych. Odwadnianie wyrobisk podziemnych jest przyczyną tzw. pośrednich szkód górniczych (sufozji, osuwisk, zapadlisk, uszkodzeń budowli itp.), występujących czasami daleko poza terenem górniczym. Nad obszarem eksploatacji, w zasięgu niecki górniczej, następują pionowe i poziome ruchy gruntu, a nawet powstają spękania terenu, wzrasta częstotliwość powstawania osuwisk, następują uszkodzenia budowli inżynierskich.

Gromadzenie gruntów i odpadów na powierzchni terenu, tworzenie zwałowisk kopalnianych, osadników odpadów popłotacyjnych, popiołów, żużlu, wysypisk śmieci itp. musi uwzględniać nie tylko problemy stateczności obwałowań i nasypów, lecz i zanieczyszczeń wód gruntowych, gruntów i powietrza (pyły, gazy). Jednym z ważniejszych problemów jest właściwa lokalizacja tych obiektów, wymagająca rozpoznania hydrogeologicznego i inżyniersko-geologicznego (głębokość zwierciadła wód, charakterystyka warstw izolujących i właściwości filtracyjne warstw, chemizm wód, ocena nośności podłoża i jego odkształcalności itp.).

Do zagadnień inżyniersko-geologicznych należy też wskazanie rodzaju materiałów do budowy obwałowań oraz określenie ich cech wytrzymałościowo-deformacyjnych i filtracyjnych, jak również wskazanie metod ewentualnego polepszania właściwości gruntów składowanych (tworzenie mieszanek, dodatki stabilizujące, zagęszczenie, selektywne składowanie itp.), a także wskazanie technologii zwałowania oraz sposobu drenażu i ograniczenia filtracji zanieczyszczonych wód ze składowiska do gruntu. Pod tym kątem prowadzone są ostatnio na dużą skalę badania, mające wyjaśnić mechanizm i dynamikę wylugowywania zanieczyszczeń ze składowisk oraz charakter zmian właściwości gruntów poddanych oddziaływaniu różnych substancji chemicznych. Wszystkie te działania mają na celu nie tylko stabilność powstających obiektów, lecz i ograniczenie lub wyeliminowanie ich szkodliwego oddziaływania na środowisko. Ważnym problemem jest też ustalenie geologicznych przesłanek dla kierunku rekultywacji składowisk oraz możliwości ich ewentualnego wykorzystania jako terenów do celów rekreacyjnych lub urbanistycznych.

Znaczne zmiany w środowisku geologicznym, głównie obniżanie się powierzchni terenu, są powodowane pompowaniem wód podziemnych, wydobywaniem ropy i gazu, wód termalnych, ekstrakcji soli, siarki itp. Zjawisko to rodzi wiele problemów geotechnicznych, związanych ze

stabilnością budowli naziemnych i podziemnych, szlaków komunikacyjnych, stosunkami hydrologicznymi na tych obszarach, prowokuje sejsmiczność wzbudzoną. Znane są liczne przypadki znacznych obniżen terenu wskutek eksploatacji ropy naftowej i gazu. Szczególnie jest to groźne w obszarach przy morskich, gdzie teren osiada poniżej poziomu morza, co wymaga geotechnicznych zabiegów przeciwpowodziowych. Osiadanie terenu powoduje uszkodzenia zapór wodnych, uruchomienie uskoków geologicznych, powstawanie osuwisk, zmiany poziomu wód gruntowych i zmiany kierunków przepływu wód w okolicy zbiornika, indukowane zjawiska sejsmiczne, uruchomienie zjawisk krasowych, zapadlisk itp. W odniesieniu do zbiorników nizinnych, zmiany poziomu wód mogą mieć bardzo duży zasięg i powodować podtopienie i degradację gleb, hydrokompakcję gruntów, zaburzenia drenażu itp.

Budowa zapór i tworzenie zbiorników wodnych wywołuje dobrze już poznane zmiany środowiska geologicznego w ich otoczeniu. Należy do nich zaliczyć erozję brzegów zbiornika, powstawanie osuwisk, zmiany poziomu wód gruntowych i zmiany kierunków przepływu wód w okolicy zbiornika, indukowane zjawiska sejsmiczne, uruchomienie zjawisk krasowych, zapadlisk itp. W odniesieniu do zbiorników nizinnych, zmiany poziomu wód mogą mieć bardzo duży zasięg i powodować podtopienie i degradację gleb, hydrokompakcję gruntów, zaburzenia drenażu itp.

Litosfera jest obiektem rozwijającej się w coraz większej mierze ekspansji człowieka. Wykorzystywanie jej jako przestrzeni do magazynowania rezerw wód pitnych i gorących służących do ogrzewania, chemikaliów, paliw płynnych, odpadów radioaktywnych itp. wywołuje różne zmiany w środowisku geologicznym, a zwłaszcza prowadzi do jego zanieczyszczenia. Stwierdzono że przechowywanie gorących wód powoduje istotne zmiany geochemiczne w środowisku, powstawanie nowych minerałów, rozpuszczanie substancji mineralnych skał zbiornika itp. Składowanie chemikaliów i paliw płynnych, mimo przeciwdziałań (uszczelnienia itowe lub substancje syntetyczne, ekrany, zbiorniki metalowe itp.), powoduje zanieczyszczenia wód podziemnych. Źródłem zanieczyszczeń są też stosowane obecnie iniekcje różnych szkodliwych odpadów (wraz z mleczkiem cementowym) do skał szczelinowatych lub tworzenie podziemnych składowisk, w rezultacie rozwarstwienia skał.

Poważnym zagrożeniem jest składowanie odpadów radioaktywnych. Stosowane dotychczas środki bezpieczeństwa (zabetonowywanie pojemników, tworzenie barier bentonitowych, zatapianie w skale, pojemniki metalowe itp.) nie dają całkowitej pewności, w sytuacji gdy masyw skalny jest poddany różnym naprężeniom, spękanii, niepokojowi tektonicznemu, cyrkulacji wody itp., zważywszy że te odpady jeszcze długo wydzielają ciepło, co dodatkowo komplikuje ich przechowywanie.

Ważnymi obszarami przekształceń środowiska geologicznego są miasta i tereny zurbanizowane. Dotychczasowy wysiłek specjalistów koncentrował się głównie na bezpiecznym projektowaniu poszczególnych budowli, a w małym stopniu lub wcale na ogólnym przekształceniu środowiska geologicznego i ich skutkach. Znaczne skupienie wysokich budowli powoduje często przeciążenie niżej leżących warstw geologicznych, zwłaszcza słabszych ilastych, wywołując ich uplastycznienie, pęcznienie i obniżenie powierzchni terenu, co prowadzi do uszkodzeń budowli naziemnych i podziemnych. Fundamenty budynków, tunele metra i tunele drogowe, podziemne systemy kanalizacyjne, rurociągi itp. powodują znaczne