

Anna Dylikowa, Julia Olchowik-Kolasińska
Łódź

PROCESY I STRUKTURY W STREFIE CZYNNEJ ZMARZLINY

część I

Zarys treści

Przedstawiono terminy określające w literaturze polskiej, angielskiej, francuskiej, niemieckiej i rosyjskiej proces regelacji, wietrzenia mechanicznego i jego produkty oraz terminologię, która dotyczy ogólnych pojęć związanych z zaburzeniami wywołanymi przez mróz.

Strefa czynna zmarzliny jest siedliskiem procesów wywołanych częstymi wahaniami temperatury około 0°C. Zamarzanie i rozmarzanie gruntu w tej strefie oraz związane z tym zmiany objętości wody, stwarzają warunki dla postępu procesów wietrzenia mrozowego oraz ruchów mas i ruchów pojedynczych cząstek. Obecnie zajmujemy się przeglądem terminów określających procesy wietrzenia i kruszenia skał w środowisku peryglacjalnym oraz terminów obejmujących zarówno procesy przemieszczania pojedynczych cząstek materiału jak i ruchy mas. Obok terminów, które oznaczają procesy, postaramy się również przedstawić niektóre z terminów używanych dla określenia struktur powstających w wyniku przemieszczania pojedynczych cząstek gruntu lub całych jego partii. Interesować nas tu będą zarówno struktury powstające współcześnie jak i te, które spotykamy w stanie kopalnym, jako świadectwo minionych okresów peryglacjalnych na obszarach plejstoceńskich zlodowaceń.

Regelacja, kolejne zamarzanie i rozmarzanie; regelation, frost action, frost phenomena, freezing and thawing; l'alternance du gel et du dégel, le gel et le dégel; Regelation; promierzanie i ottaiwanie, popieriemiennoje ottaiwanie i zamierzanie.

Proces kolejnego zamarzania i rozmarzania gruntu został rozpoznany bardzo wcześnie i wcześnie została właściwie oceniona jego doniosła rola morfogenetyczna. Dziwne się więc wydaje, że dotąd jeszcze istnieją nieporozumienia na temat pojęcia regelacji. Oczywiście w związku z tym i używany dość powszechnie w różnojęzycznych odmianach termin *regelacja* nie jest jednoznaczny.

Dobrowolski (14) w „Historii naturalnej lodu“ podaje trzy znaczenia terminu *regelacja*. Podajemy dosłownie (str. 379): „Termin „rege-

lacja“ (ponowne zamarzanie) w trzech różnych podaje się znaczeniach: 1) w znaczeniu, w jakim go użył — niewłaściwie — Tyn dall dla oznaczenia tzw. zjawiska F a r a d a y ' a — zrastania się ze sobą przyciśniętych do siebie kawałków lodu; 2) w znaczeniu procesu kolejnego naprzemian topnienia i zamarzania wskutek zmian temperatury; 3) w znaczeniu podobnego procesu ale na skutek zmian ciśnienia“. Z tekstu książki wynika, że sam D o b r o w o l s k i rozumie regelację jako „kolejne procesy zamarzania i odmarzania“ wskutek zmian termicznych.

K s i ą ż k i e w i c z (35) mówiąc o działaniu mrozu wymienia zmiany temperatury wody znajdującej się w szczelinach jako główną przyczynę wietrzenia mrozowego. Nie podaje on jednakże dla określenia tego procesu słowa „regelacja“. Używa jedynie terminu *zamróz* (patrz niżej), którym oznacza nie kolejne zamarzanie i rozmarzanie, lecz niszczące działanie wody zamarzającej w szczelinach skalnych. W innym miejscu ten sam autor wiąże termin *regelacja* z pojęciem topnienia i zamarzania lodu wskutek zmian ciśnienia, a więc podobnie jak to uczynił poprzednio S m o l e ń s k i w „Polskim słownictwie geograficznym“ (51). Zarówno więc S m o l e ń s k i jak i K s i ą ż k i e w i c z przyjmują tylko trzecią z podanych przez D o b r o w o l s k i e g o definicji.

W polskiej literaturze peryglacialnej J a h n, który początkowo posługiwał się terminem *regelacja* (28), później wybiera raczej opisową definicję D o b r o w o l s k i e g o i mówi o procesie *kolejnego zamarzania i odmarzania*, a D y l i k (15) wprowadza termin *regelacja* rozumiejąc go jako określenie zmian stanu skupienia wody wskutek wahań termicznych.

Nieporozumień istniejących w zakresie stosowania terminu *regelacja* nie rozwiązuje również wydany ostatnio słownik K l e c z k o w s k i e g o i D z i e w a ń s k i e g o (33). Autorzy podają za D o b r o w o l s k i m wszystkie trzy — a więc i w niewłaściwym ujęciu T y n d a l l a — znaczenia tego słowa. (Omówienia terminów peryglacialnych w wymienionym słowniku dokonał H a l i c k i, 24.)

Autorzy anglosascy w literaturze peryglacialnej na ogół nie posługują się terminem *regelation*, który wiążą tylko ze zmianami stanu skupienia wywołanymi kolejnym przesuwaniem punktu zamarzania wskutek zmian ciśnienia. Tego rodzaju definicję regelacji podaje również słownik geologiczny R i c e ' a (43) w oparciu o encyklopedię W e b s t e r a. Pojęcie to w rozumieniu autorów anglosaskich jest więc związane raczej z glaciologią.

W pracach peryglacialnych anglosaskich proces zamarzania i rozmarzania obejmuje się bardzo ogólnym terminem, jakim jest *frost action* (patrz niżej) lub *frost phenomena* (S m i t h, 50). T a b e r (56) mówi

o *freezing and thawing*, a więc używa terminu, który wskazuje już tylko skutki wahań temperatury. Paterson (40) wymienia *regelation* jako jeden z najważniejszych procesów wywołujących soliflukcję, nie precyzując jednak bliżej definicji tego pojęcia. Powołuje się przy tym m. in. na pracę Beskowa (3), który traktuje proces *Regelation* jako efekt wahań termicznych.

Francuska literatura peryglacjalna korzysta z terminu *l'alternance du gel et du dégel*, czasem jednak spotkać można formę krótszą: *le gel et le dégel* (Tricart, 60).

Autorzy niemieccy, np. Troll (61) używają terminu *Regelation* traktując ten proces jako następstwo zmian termicznych. Podobne ujęcie znaleźć można u autorów skandynawskich piszących po niemiecku, np. u Beskowa i Högboma (3, 27).

Dużo uwagi zagadnieniu regelacji poświęca Sumgin (52), Grigoriew (21), Tołstichin (59) i wielu innych autorów radzieckich. Zjawisko to określa się jako *promierzanie* i *ottaiwanie*. Niektórzy, jak np. Priklonskij (42) i Kalesnik (31) używają terminu *popiermiennoje ottaiwanie* i *zamierzanie*. Wszyscy podkreślają, że intensywność tego procesu zależy od stopnia nasycenia wodą gruntu i przewodnictwa cieplnego skał. Decydującą rolę przypisuje się przede wszystkim częstotliwości wahań temperatury. Proces kolejnego zamarzania i rozmarzania prowadzi do powstawania mrozowych pęcznień gruntu i soliflukcji.

Kalesnik (31) podaje jeszcze inne pojęcie regelacji. *Reżelacja* według Kalesnika to proces zrastania się, albo — jak on to nazywa — *smierzania* czyli stapiania się kawałków lodu. Swoje pojmowanie *reżelacji* Kalesnik opiera na doświadczeniach Faradaya (1850), Tyndalla (1856—66), eksperymentach Tarra i Richa (1912). W tym ujęciu proces regelacji ma miejsce przy temperaturze około 0°C zarówno jak i przy temperaturach znacznie niższych, lecz przy zwiększonym ciśnieniu. Według Dobrowolskiego takie ujęcie treści tego terminu jest mylne.

Wydaje się, że można by ustalić zakres pojęcia regelacji opierając się na etymologii słowa, którym się ten proces określa. *Regelare* (łac.) oznacza powtórne zamarzanie, powrót stanu zamarznięcia. Ponieważ wobec tego musiał istnieć jakiś poprzedni stan odtajania można by wobec tego, przyjmując występowanie szeregu takich zmian, określić regelację jako proces kolejnego rozmarzania i zamarzania. Pojęcie to objęłoby wtedy zarówno proces regelacji wywołanej zmianami temperatury jak i zmianami ciśnienia.

Mechaniczne działanie zamrozu, peryglacjalna facja wietrzenia mechanicznego, mechaniczne wietrzenie skał, zimnicowanie skał, działanie mro-

o *freezing and thawing*, a więc używa terminu, który wskazuje już tylko skutki wahań temperatury. Paterson (40) wymienia *regelation* jako jeden z najważniejszych procesów wywołujących soliflukcję, nie precyzując jednak bliżej definicji tego pojęcia. Powołuje się przy tym m. in. na pracę Beskowa (3), który traktuje proces *Regelation* jako efekt wahań termicznych.

Francuska literatura peryglacjalna korzysta z terminu *l'alternance du gel et du dégel*, czasem jednak spotkać można formę krótszą: *le gel et le dégel* (Tricart, 60).

Autorzy niemieccy, np. Troll (61) używają terminu *Regelation* traktując ten proces jako następstwo zmian termicznych. Podobne ujęcie znaleźć można u autorów skandynawskich piszących po niemiecku, np. u Beskowa i Högboma (3, 27).

Dużo uwagi zagadnieniu regelacji poświęca Sumgin (52), Grigoriew (21), Tołstichin (59) i wielu innych autorów radzieckich. Zjawisko to określa się jako *promierzanie* i *ottaiwanie*. Niektórzy, jak np. Priklonskij (42) i Kalesnik (31) używają terminu *popiermiennoje ottaiwanie* i *zamierzanie*. Wszyscy podkreślają, że intensywność tego procesu zależy od stopnia nasycenia wodą gruntu i przewodnictwa cieplnego skał. Decydującą rolę przypisuje się przede wszystkim częstotliwości wahań temperatury. Proces kolejnego zamarzania i rozmarzania prowadzi do powstawania mrozowych pęcznień gruntu i soliflukcji.

Kalesnik (31) podaje jeszcze inne pojęcie regelacji. *Reżelacja* według Kalesnika to proces zrastania się, albo — jak on to nazywa — *smierzania* czyli stapiania się kawałków lodu. Swoje pojmowanie *reżelacji* Kalesnik opiera na doświadczeniach Faradaya (1850), Tyndalla (1856—66), eksperymentach Tarra i Richa (1912). W tym ujęciu proces regelacji ma miejsce przy temperaturze około 0°C zarówno jak i przy temperaturach znacznie niższych, lecz przy zwiększonym ciśnieniu. Według Dobrowolskiego takie ujęcie treści tego terminu jest mylne.

Wydaje się, że można by ustalić zakres pojęcia regelacji opierając się na etymologii słowa, którym się ten proces określa. *Regelare* (łac.) oznacza powtórne zamarzanie, powrót stanu zamarznięcia. Ponieważ wobec tego musiał istnieć jakiś poprzedni stan odtajania można by wobec tego, przyjmując występowanie szeregu takich zmian, określić regelację jako proces kolejnego rozmarzania i zamarzania. Pojęcie to objęłoby wtedy zarówno proces regelacji wywołanej zmianami temperatury jak i zmianami ciśnienia.

Mechaniczne działanie zamrozu, peryglacjalna facja wietrzenia mechanicznego, mechaniczne wietrzenie skał, zimnicowanie skał, działanie mro-

trzenie mrozowe. Obok tego terminu używa również słowa *kongelifrakcja*, które jest spolszczoną formą *congelifraction* Bryana (8). Dylik używa również określenia *dezintegracja mrozowa*, które oznacza już tylko sam proces kruszenia skał w środowisku peryglacjalnym.

Terminów określających wyłącznie produkty wietrzenia mrozowego w literaturze polskiej brak. Łoziński (36) mówi o rozwaliskach skalnych, gołoborzach i rumowiskach; u innych autorów spotkać można określenia ogólne, takie jak: gruz, odłamki, zwietrzelina, okruchy.

W pracach autorów anglosaskich najczęściej spotkać można odpowiadający polskiemu działaniu mrozu termin *frost action*. Tym terminem, bez bliższego sprecyzowania, określają procesy wietrzenia mrozowego np. Schafer (44), Judson (30) i Taber (57). Antevs (1) przypisuje terminowi *frost action* znaczenie o wiele szersze, bo obejmujące cały zespół procesów i form związanych z „mrozowym” środowiskiem. Dla określenia procesu wietrzenia Antevs używa terminu o ściśle wyrażonej treści: *frost weathering*. Podobnie rozumie znaczenie określenia *frost action* Smith, który w swoim artykule przeglądowym (50) podaje, że działanie mrozu (*frost action*) obejmuje pięć zasadniczych procesów, właściwych dla strefy peryglacjalnej, to znaczy: 1) gwałtowne wietrzenie mechaniczne; 2) wzrost lodu gruntowego; 3) zmiany objętości; 4) ruchy różnicujące, niepostępowe i 5) ruchy masy zwietrzelinowej po stoku. Pierwszy z wymienionych procesów Smith nazywa *frost weathering* lub w innym miejscu (50): *mechanical weathering through frost action*. Podobne stanowisko reprezentuje Sharp (48) używając terminu *frost action* raczej dla określenia całokształtu procesów.

Poza określeniem ogólnym oznaczającym procesy wietrzenia mrozowego jako „działanie mrozu”, w literaturze anglosaskiej powszechnie używa się terminów o znacznie węższym zakresie: *frost splitting*, *frost riving* i *frost shattering*. Oznaczają one pękanie i kruszenie skał, a więc proces, który można również określić słowem o międzynarodowym znaczeniu *disintegration* — dezintegracja lub bardziej szczegółowo jako *frost disintegration* (Denny, 13).

Bryan (8, 9), który konsekwentnie dążył do uporządkowania terminologii w zakresie pojęć związanych ze środowiskiem peryglacjalnym, zajął się również określeniem procesów wietrzenia mrozowego. Uznając zasadniczo prawo obywatelstwa terminów czysto angielskich: *frost shattering*, *frost splitting* i *frost riving* na oznaczenie procesu spękania oraz pochodnych form rzeczownikowych — *frost split* lub *frost riven* oznaczających spękania skał, Bryan zastanawia się nad terminem, który by obejmował zarówno proces wietrzenia mrozowego jak i jego produkty. W literaturze anglosaskiej produkty wietrzenia mrozowego określa się

najczęściej jako *individual pieces*, *debris* lub *rock fragments* (Bryan, 8; Judson, 30 i inni). Treść oznaczeń nie wskazuje jednak na mrozowe pochodzenie zwietrzliny. Taber (57) między innymi używa również terminu *frost split boulders* w stosunku do głazów spękanych wskutek wietrzenia mrozowego. Jest to określenie, które posiada odpowiednią treść, jest jednak zbyt długie i kłopotliwe w użyciu. Bryan (8) proponował terminy oparte na źródłosłowie łacińskim. Proponuje on na oznaczenie procesu kruszenia mrozowego skał słowo *congelifraction* (łac. *congelare* — zamarzać i *fractare* — kruszyć, łamać). Bryan proponuje dalej utworzenie słów pochodnych dla określenia produktów wietrzenia. Dla pojedynczych odłamków skał Bryan tworzy termin *congelifract* a całe zespoły różnoziarnistej zwietrzliny określa jako *congelifractate*. Terminy Bryana są udane zarówno ze względu na to, że zawierają właściwą treść jak i ze względu na to, że można je łatwo „umiędzynarodowić“. Terminologia Bryana weszła już częściowo w życie w literaturze amerykańskiej. Spotkać ją można np. w pracach Denny'ego (13). Odpowiednika tego terminu w postaci *kongelifrakcji* w literaturze polskiej używa, jak to wspomniano powyżej, Dylik.

Literatura francuska posiada w zakresie omawianych pojęć swoją własną terminologię. Wietrzenie mrozowe określa się powszechnie jako *gélivation* (np. Cailleux, 11; Malaurie, 38; Tricart, 60; Boyé, 6, 7). Od słowa tego również stworzono formę przymiotnikową: *gélivé*. Dla produktów wietrzenia używa się więc określenia *roche gélivée*. Tricart (60) mówi również o podatności skały na wietrzenie mrozowe określając ją jako *gélivité*. Pojęcie to według Tricart'a obejmuje, poza szybkością wietrzenia, która wynika z charakteru skały, również i skład granulometryczny zwietrzliny. Skały podatne na wietrzenie określono jako *gélives*. Terminy te, podobnie jak angielskie terminy Bryana odpowiadają dobrze treści pojęcia, z którym się wiąże i są obecnie powszechnie przyjęte. Guillien (22) wprowadza na oznaczenie tych samych procesów termin *cryoclastisme* oparty na źródłosłowie greckim.

U autorów niemieckich słownictwo w zakresie omawianych pojęć jest dość proste. Określenie *Frostwirkung*, działanie mrozu, obejmuje cały zespół procesów i zjawisk w strefie peryglacjalnej. Proces wietrzenia mrozowego określa się jako *Frostverwitterung* lub *Frostsprengung* (Högbom, 27; Troll, 61; Machatschek, 37 i inni), przy czym ten ostatni termin oznacza właściwie tylko pękanie skał wskutek wietrzenia mrozowego, a więc posiada zakres nieco węższy. Ostatnio Woldstedt (66) wprowadził termin *Gelivation* oparty, podobnie jak odpowiednie określenie francuskie, na źródłosłowie łacińskim. Słowo to nadaje się do

wprowadzenia jako termin międzynarodowy. Poza wymienionymi spotkać można również, np. u Posera (41), termin *Frostzerrung*, który oznacza rozrywanie zamrożonej ziemi przez kontrakcję. Specjalnych nazw dla produktów wietrzenia mrozowego w literaturze niemieckiej nie ma. Skały spękane wskutek działania mrozu określa się przez omówienie, np. jako *durch den Frost zersprengte* (Högbom, 27).

W literaturze radzieckiej poświęca się dużo uwagi znaczeniu wietrzenia fizycznego. Dla określenia procesów wietrzenia mrozowego używa się powszechnie i prawie wyłącznie terminu *moroznoje wywietriwanie*. Na szczególnie doniosłe znaczenie tego procesu w warunkach arktycznych zwracają uwagę w swoich pracach Grigoriew (21), Szczukin (5), Cytowicz (12), Gumienski (23), Susłow (53), Kalesnik (31), Wilenski (65), Bondarczuk (5), Priklonski (42) i wielu innych. Bondarczuk podkreśla, że podstawowym czynnikiem morfotwórczym w pustyniach polarnych i na obszarze tundry jest *moroznoje wywietriwanie* i *wymierzanie*. Procesy te prowadzą do *razruszenija porod* czyli rozluźniania skał. Grigoriew kruszenie skał drogą wietrzenia nazywa *razrychleniem*. *Razrychlenie* czyli *razruszenie porod* prowadzi do nagromadzenia dużych ilości luźnego materiału. Priklonski, Grigoriew i inni mówią o powstawaniu na stokach: głębowych rossypiej, kamiennych moriej, szczebieńczastych rossypiej. Dla tych utworów wietrzenia mrozowego ustaliła się na Syberii nazwa *kurumy*. O *kurumach* na północnym Uralu, Jamalu i Tajmyrze piszą Priklonski i Kalesnik.

W zakresie omawianej grupy terminów, bardziej niż w jakimkolwiek innym wypadku, zaznacza się wśród autorów duża swoboda w korzystaniu z szeregu różnych określeń dobieranych w sposób bardzo indywidualny. Stąd niektóre z wymienionych wyżej terminów są raczej takimi lub innymi określeniami używanymi dorywczo i bez pretensji do wprowadzenia ich w postaci obowiązującej.

Formy kriogeniczne, krioturbacje, zjawiska krioturbacyjne, struktury peryglacjalne; soil structures, cryoturbation, congeliturbations, congeliturbate; cryoturbations; Frostmusterböden, Frostböden, Frostbödenformen, Froststauchungsböden, krioturbate Ablagerungen; moroznyje dieformaczi, moroznyje jawlenija.

Procesy regelacji wywołują wietrzenie mrozowe, które doprowadza do rozluźnienia spistości skały. Powstają odłamki, luźne cząstki, które rozpoczynają mniej lub bardziej samodzielną wędrówkę i wkrótce tracą kontakt ze skałą macierzystą. Ruchy cząstek, uzależnione między innymi od powtarzających się wahań temperatury około 0°C, od obecności

wody w gruncie i od nachylenia obszaru, doprowadzają wkrótce do zniekształcenia pierwotnej struktury skały zarówno litej jak i luźnej, a nawet do zupełnego zatarcia cech strukturalnych. W rezultacie ruchów części powstają nowe struktury, charakterystyczne dla warunków środowiska peryglacjalnego.

Terminami określającymi poszczególne formy ruchu oraz powstające w związku z nimi struktury, zajmiemy się oddzielnie. Na razie spróbujemy zestawić terminologię związaną z ogólnymi pojęciami zaburzeń, które mają miejsce w czynnej strefie zmarzliny. Edelman, Florschütz, Jeswiet (18) w 1936 r. zaproponowali termin *kryoturbate Ablagerungen* dla kopalnych struktur peryglacjalnych, które Gripp poprzednio nazwał Brodelböden. Autorzy holenderscy proponując nowy termin stali na stanowisku, że Brodelböden są tylko pewnym szczególnym typem struktur i że, wobec tego, potrzebne jest słowo odpowiadające jakiemuś pojęciu nadrzędnemu, to znaczy ogólnej grupie zaburzeń mrozowych.

Termin Edelmana, Florschütza i Jeswiewa znalazł wkrótce powszechne zastosowanie w peryglacjalnej literaturze francuskiej jako *cryoturbations* (Cailleux, 10; Tricart, 60; Boyé, 7).

W Ameryce termin ten nie znalazł zwolenników choć istnieje jego wersja w języku angielskim: *cryoturbations*. Eakin (17) określa zaburzenia wywołane działaniem mrozu jako *soil structures*. Określenie to można spotkać również u Sharpa (47), który podaje całą listę terminów dla szeregu typów form, zaliczanych do ogólnej grupy *soil structures*.

Bryan (8) poddaje analizie istniejącą w tym zakresie terminologię i proponuje, konsekwentnie w stosunku do wysuniętego poprzednio terminu *congelifraction*, słowo *congeliturbation*. Zdaniem Bryana termin ten ma tę zaletę, że obie części, z których składa się słowo *congeliturbation* wyrażają czynność i można tworzyć słowa pochodne od nich. Produkty procesów kongelituracji, a więc struktury wytworzone przez procesy mrozowe, Bryan nazywa *congeliturbate*. Bryan uzasadnia wprowadzenie nowych terminów między innymi tym, że są one dostatecznie ogólne, ponieważ obejmują zarówno procesy pęcznienia mrozowego jak i wszelkie ruchy mas. Bryan zwraca również uwagę na to, że terminy *congeliturbation* i *congeliturbate* dotyczą nie tylko formy powierzchniowej zaburzeń, lecz obejmują również strukturę wewnętrzną.

W polskiej literaturze „zmarzlinoznawczej” początkowo nazywano omawiane formy po prostu *zaburzeniami* lub *formami kriogenicznymi* lecz określenie to stosowano raczej dla scharakteryzowania zjawiska i nie traktowano go jako obowiązującego terminu. Ostatnio jednak w litera-

turze peryglacjalnej pojawił się wprowadzony przez J a h n a (29) i znajdujący coraz więcej zwolenników termin *zjawiska krioturbacyjne* lub *krioturbacje*, który jest polską wersją terminu Edelmana, Florschütza i Jeswieta. Dylik (15) wprowadza termin *struktury peryglacjalne*, który oczywiście odnosi się tylko do form powstających jako efekt działania procesów mrozowych. Można by ostatecznie znaleźć w tym terminie określenie charakteru procesów ukryte w słowie „peryglacjalne”, raczej jednak chodzi tu o podkreślenie cech środowiska, w którym powstały określone struktury.

W literaturze niemieckiej istnieje szereg terminów, których treść wiąże się raczej z pojęciami bardziej szczegółowymi, chociaż używa się ich w odniesieniu do pojęć ogólnych. Troll (61) przyznaje, że używane powszechnie terminy takie jak: Brodelböden, Taschenböden, Würgeböden i inne nie nadają się do stosowania w sensie określenia ogólnego. Proponuje on wprowadzenie terminów, przy pomocy których lepiej można wyrazić treść pojęcia tak ogólnego jak zaburzenia wywołane przez mróz: *Frostmusterböden*, *Frostböden*, *Frostbödenformen*.

Termin *kryoturbate Ablagerungen* można również spotkać u niektórych autorów niemieckich (np. Schwarzbach, 45; Weinberger, 64) lecz nie są one przyjęte powszechnie. Poza terminami ogólnymi, o których mówi Troll istnieje również określenie *Froststauchungsböden*. Położono tu nacisk na związek zaburzeń z tajaniem gruntu.

W pracach autorów radzieckich spotyka się nazwę ogólną *moroznyje dieformacji*. Markow (39) zjawiska te określa mianem *moroznyje jawlenija*.

Literatura

1. Antevs E. — Alpine zone of Mt. Washington Range. Auburn, U.S.A. 1932.
2. Bahr A. — Frostgestauchte Böden im westlichen Schleswig-Holstein. *Ztschr. D. Geol. Ges.*, Bd 84, 1932.
3. Beskow G. — Erdfliessen und Strukturböden der Hochgebirge im Licht der Frosthebung. *Geol. Fören. i Stockholm Förhandl.*, Bd 52, 1930.
4. Bocz S. G. — Snieżniki i śnieżnaja erozija w sjewiernych czastjach Urała (Snowpatches and nivation in the northern part of Ural). *Izw. Wsjes. Gieogr. Obszcz.*, t. 78, 1946.
5. Bondarczuk W. G. — Osnovy gieomorfologii (Principles of geomorphology). Moskwa, 1949.
6. Boyé M. — Glaciaire et périglaciaire de l'Ata Sund Nord-oriental, Groenland. *Expéd. Polaires Franç.*, 1, Paris 1950.
7. Boyé M. — Gélivation et cryoturbation dans le Massif du Mont-Perdu (Pyrenées Centrales). *Pirenaos*, nr 23, vol. 8, Inst. Est. Pirenaicos, Zaragoza, 1952.

8. Bryan K. — Cryopedology — the study of frozen ground and intensive frost action with suggestions on nomenclature. *Am. Jour. of Sci.*, vol. 244, 1946.
9. Bryan K. — The geologic implications of cryopedology. *Jour. Geol.*, vol. 57, 1949.
10. Cailleux A. — Etudes de cryopédologie. *Centre Doc. Univ. Sorbonne*, Paris, 1948.
11. Cailleux A. — Union française. *Rap. prélimin, pour 8^e Assemblée Gén. et le 17^e Congr. Int. Washington*, 1952.
12. Cytowicz N. A. — K teorii równowiesnego sotojaniya wody w mierzłych gruntach (On the theory of the equilibrium of water in frozen ground). *Izw. Akad. Nauk SSSR, S. Geogr. i Geofiz.*, t. 9, 1945.
13. Denny Ch. S. — Late Quaternary geology and frost phenomena along Alaska Highway, Northern British Columbia and Southern Yukon. *Bull. Geol. Soc. Am.*, vol. 63, 1952.
14. Dobrowolski A. B. — Historia naturalna lodu (Natural history of ice). Warszawa 1923.
15. Dylik J. — Peryglacjalne struktury w plejstocenie środkowej Polski (summary: Periglacial structures in the Pleistocene deposits of Middle Poland). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 66, 1952.
16. Dylik J. — O peryglacjalnym charakterze rzeźby środkowej Polski (résumé: Du caractère périglaciaire de la Pologne centrale). *Acta Geogr. Univ. Lodz.*, nr 4, Łódzkie Tow. Naukowe, Łódź 1953.
17. Eakin H. M. — The Yukon-Koyukuk region, Alaska. *U. S. Geol. Survey, Bull.* 631, Washington, 1916.
18. Edelman C. H., Florschütz F., Jeswiet J. — Über spätpleistozäne und frühholozäne kryoturbate Ablagerungen in den östlichen Niederlanden. *Geol. Mijnb. Genootschap voor Nederland en Kol.*, Geol. Ser., Vehr. vol. 11, Gravenhagen, 1936.
19. Edelman C. H. — Quelques remarques sur la cryoturbation. *Bull. Soc. Géol. France*, 5^e Sér., vol. 16, 1946.
20. Gierasimow I. P., Markow K. K. — Czwartorzeczna geologia (Quaternary geology). Moskwa, 1939.
21. Grigoriew A. A. — Subarktika (The Sub-Arctica). *Akad. Nauk SSSR, Inst. Geogr.*, Moskwa, 1946.
22. Guillien Y. — Gel et dégel du sol, les mécanismes morphologiques. *Inform. Géogr.*, 1949.
23. Gumienski B. M. — Osnovy geologii dla stroitiela (Elements of geology for architects). Leningrad, 1949.
24. Halicki B. — Terminy z zakresu problematyki peryglacjalnej w słowniku geologicznym A. Kleczkowskiego i J. Dziewańskiego (summary: Terms relating to periglacial problematics in the geological dictionary of A. Kleczkowski and J. Dziewański). *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 1, 1954.
25. Hopkins D. M. — Thaw lakes and thaw sinks in the Imuruk Lake area, Alaska. *Jour. Geol.*, vol. 57, 1949.
26. Högbom B. — Einige Illustrationen zu den geologischen Wirkungen des Frostes auf Spitzbergen. *Bull. Geol. Institut. Upsala*, vol. 9, 1910.
27. Högbom B. — Über die geologische Bedeutung des Frostes. *Bull. Geol. Institut. Upsala*, vol. 12, 1914.

28. Jahn A. — Badania nad strukturą i temperaturą gleb w Zachodniej Grenlandii (summary: Research on the structure and temperature of the soils in western Greenland). *Rozp. Wydz. Mat.-Przyr. PAU*, t. 72, dz. A, za 1948, ser. 3, t. 32, nr 6, Kraków 1948.
29. Jahn A. — Zjawiska krioturbacyjne współczesnej i plejstoceńskiej strefy peryglacialnej (summary: Cryoturbate phenomena of the contemporary and of the Pleistocene periglacial zone). *Acta Geol. Polonica*, vol. 2, 1951.
30. Judson S. — Rock-fragment slopes caused by past frost action in the Jura Mountains (Ains), France. *Jour. Geol.*, vol. 57, 1949.
31. Kalesnik S. W. — Obszczaja glaciologia (General glaciology). Leningrad 1939.
32. Klebelsberg R. — Handbuch der Gletscherkunde und Glazialgeologie. Bd. I, Wien 1948—49.
33. Kleczkowski A., Dziewański J. — Słownik geologiczny (Geological dictionary). Wyd. Geol., Warszawa 1953.
34. Krukowski S. — Paleolit (The Paleolith). *Prehist. Ziem Polskich*, zesz. I, PAU, *Encyklopedia Polska*, t. 4, cz. 1, dz. 5, Kraków 1939—1948.
35. Książkiewicz M. — Geologia dynamiczna (Dynamical geology). Warszawa 1951.
36. Łoziński W. — O mechanicznym wietrzeniu piaskowców w umiarkowanym klimacie (On the mechanical weathering of sandstones in moderate climate). *Akad. Umiej.*, Kraków 1909.
37. Machatschek F. — Geomorphologie. Leipzig 1954.
38. Malaurie M. J. — Evolution actuelle des pentes sur la côte Ouest du Groenland (Baie de Disko). *Bull. Assoc. Géogr. Français*, no 198—199, 1949.
39. Markow K. K. — Srawnienije drienielednikowych łańszafow siewiernoj Jewropy i sowriemiennych lednikowych łańszafow siewiernogo Pamira (Comparison of the old glacial landscapes in northern Europe with the present-day glacial landscapes in northern Pamir). *Probl. fiz. gieogr.*, Akad. Nauk SSSR, t. 2, 1935.
40. Paterson T. T. — Physiographic studies in North West Greenland. *Medd. om Grönland*, Bd. 151, no 4, 1951.
41. Poser H. — Boden- und Klimaverhältnisse in Mittel- und Westeuropa während der Würmeiszeit. *Erdkunde*, Bd. 2, 1948.
42. Priklonskij W. A. — Gruntowiedienije (Groundscience). 1949.
43. Rice C. M. — Dictionary of geological terms. Ann Arbor, 1948.
44. Schafer J. P. — Some periglacial features in Central Montana. *Jour. Geol.*, vol. 57, 1949.
45. Schwarzbach M. — Das Klima der Vorzeit. Stuttgart 1950.
46. Sharp R. P. — Periglacial involutions in North Eastern Illinois. *Jour. Geol.*, vol. 50, 1942.
47. Sharp R. P. — Soil structures in the St. Elias Rnge, Yukon territory. *Jour. Geomorph.*, vol. 5, 1942.
48. Sharp R. P. — Pleistocene ventifacts east of the Big Horn Mountains, Wyoming. *Jour. Geol.*, vol. 57, 1949.
49. Smith H. T. U. — Periglacial features in the driftless area of Southern Wisconsin. *Jour. Geol.*, vol. 57, 1949.
50. Smith H. T. U. — Physical effects of Pleistocene climatic changes in non-

- glaciated areas: eolian phenomena, frost action and stream terracing. *Bull. Geol. Soc. Am.*, vol. 60, 1949.
51. Smoleński J. — Polskie słownictwo geograficzne: II, Słownictwo geograficzno-fizyczne (Polish geographical vocabulary: II, Physico-geographical vocabulary). Kraków 1925.
 52. Sumgin M. I., Kaczurin S. P., Tołstichin N. I., Tumel W. F. — *Obszczeje mierzłotowiedienije* (General science of frozen ground). Moskwa 1940.
 53. Susłow S. P. — *Fizическая география СССР, Азиатская часть* (Physical geography of URSS, Asia). Moskwa, 1954.
 54. Syniewska J. — Wpływ klimatu arktycznego na budowę gleby (Influence of arctic climate upon the structure of the soil). *Kosmos*, ser. B, Lwów 1935.
 55. Szczukin I. S. — *Obszczaja morfologija suszy* (General continental morphology). Moskwa—Leningrad 1938.
 56. Taber S. — Perennially frozen ground in Alaska: its origin and history. *Bull. Geol. Soc. Am.*, vol. 54, 1943.
 57. Taber S. — Intensive frost action along lake shores. *Am. Jour. of Sci.*, vol. 248, 1950.
 58. Taber S. — Origin of Alaska silts. *Am. Jour. of Sci.*, vol. 251, 1953.
 59. Tołstichin N. I. — *Podziemnyje wody mierzłoj zony litosfery* (Ground waters of frozen ground). Moskwa—Leningrad 1941.
 60. Tricart J. — *Le modelé des pays froids*, fasc. 1: *Le modelé périglaciaire. Cours de géomorphologie*, 2^e partie, fasc. I, CDU, Paris.
 61. Troll C. — *Strukturböden, Solifluktion und Frostklimate der Erde. Geol. Rundschau* (Dil.-Geol. u. Klimaheft), Bd. 34, 1944.
 62. Troll C. — *Die Formen der Solifluktion und die periglaziale Bodenabtragung. Erdkunde*, Bd 1, 1947.
 63. Troll C. — *Komission für erdwissenschaftliche Forschung. Jhb. Akad. Wiss. u. Literatur*, 1951.
 64. Weinberger L. — *Frostspalten und Froststrukturen in Schottern bei Leipzig. Geol. Rundschau* (Dil.-Geol. u. Klimaheft), Bd 34, 1944.
 65. Wilenski D. G. — *Poczwowiedienije* (Soil science). Moskwa 1950.
 66. Woldstedt P. — *Das Eiszeitalter*. Stuttgart 1954.
 67. Zubakow W. A. — *Iskopajemyje ldy i passiwnoje oledienienije* (Fossil ice and passive glaciation). *Izw. Wsjes. Geogr. Obszcz.*, t. 83, 1951.