

2107

KOMUNIKATY
INSTYTUTU GEOGRAFICZNEGO
UNIwersytetu Jagiellońskiego
POD REDAKCJĄ
JERZEGO SMOLEŃSKIEGO

CONTRIBUTIONS
DE L'INSTITUT DE GÉOGRAPHIE
DE L'UNIVERSITÉ DE CRACOVIE
REDIGÉES PAR
GEORGES SMOLEŃSKI

Nr. 9.

WIKTOR ORMICKI

PRZYCZYNEK
OO MORFOLOGII SZATY ŚNIEŻNEJ

A CONTRIBUTION TO THE MORPHOLOGY OF THE
SNOW-COVER



KRAKÓW — 1929 — CRACOVIE
NAKLADEM KSIĘGARNI GEOGRAFICZNEJ „ORBIS“
KRAKÓW, UL. BARSKA 41.

ODBITKA Z „PRZEGLĄDU GEOGRAFICZNEGO“ WARSZAWA, TOM IX,
ROCZNIK 1929, STR. 183—196.

SKŁAD GŁÓWNY NA WARSZAWĘ W „DOMU KSIĄŻKI POLSKIEJ“,
PLAC TRZECH KRZYŻY 8.



2107

ODBITO W TŁOZNI GEOGRAFICZNEJ „ORBIS“, KRAKÓW, BARSKA 41.

of author

WIKTOR ORMICKI

Przyczynek do morfologii szaty śnieżnej

(A Contribution to the Morphology of the Snow-Cover)

W marcu 1924 roku zorganizowana została przez krakowski Instytut Geograficzny U. J. pod naukowym kierownictwem ś. p. profesora Ludomira Sawickiego wycieczka w obszar Babiogórski. W czasie pochodu narciarskiego przez góry zajęliśmy się analizą form śniegowych, jakoteż przeprowadzono dyskusję nad ich genezą. Zwrócono baczną uwagę na znaczenie czynników klimatycznych, starano się uchwycić i ocenić rolę ekspozycji, jakoteż szaty organicznej.

Sposób podejmowania zagadnień, metody formułowania hipotez roboczych, bogactwo form i warunki, w których pracowaliśmy, sprawiły, że wycieczka ta pozostawiła niezatarłe wspomnienia. Powracając do niej dzisiaj — po pięciu latach — pod wstrząsającym wrażeniem tragicznej śmierci Ukochanego Profesora, która uderzyła jak grom z jasnego nieba, tem silniej przeżywam ówczesne chwile radosnej współpracy.

Byłoby rzeczą niemożliwą wyszczególnić, co w poniższych wywodach jest własnością wspólną i dorobkiem zbiorowym, co zaś jest produktem (dalszych przez cztery lata dorywczo kontynuowanych) obserwacji autora.

Da się natomiast ustalić niechybnie, że pomysł zrodził się w marcu 1924 r. w obliczu wielkich pustyń śnieżnych, smaganych mroźnym podmuchem a w głębi tajemniczych borów karpaccich, zasnutych bogatą srebrną okiścią.

Kraków, dnia 7. X. 1928.

Szata śnieżna, pokrywająca przez kilka miesięcy w roku cały obszar ziem Rzeczypospolitej nie stanowiła do tej pory przedmiotu zainteresowań geografów polskich. Z nieznanym bliżej przyczyn utarło się mniemanie, że z chwilą przykrycia oblicza ziemi przez całun śnieżny należy

CBGiOŚ, ul. Twarda 51/55
tel. 0 22 69-78-773



<http://6000.org.pl>

przenieść prace badawcze w zacisze ciepło opalanych zakładów. A przecież skala badań nad szatą śnieżną jest niezwykle bogata i to zarówno ze względu na bogactwo problemów, zestawionych skrupulatnie przez Dobrowolskiego i Ratzla [1], jak i ze względu na praktyczną doniosłość [2]. Tem mniej przeto zrozumiałą jest mała doza uwagi poświęcona szacie śnieżnej, jako takiej. Zapomina się, że szata śnieżna powstaje według własnych praw, że jej byt jest uwarunkowany najrozmaitszemi względami, że żyje ona własnym, odrębnym i indywidualnym życiem, przejawiającem się w jej morfologii. Zamieszczone poniżej uwagi poświęcone są morfologii szaty śnieżnej.

Jeżeli tak sformułowane zadanie nie jest jeszcze dostatecznie jasne, to przedewszystkiem dlatego, że odrębnie traktować należy morfologję narastającej szaty śnieżnej, odrębnie morfologję trwającej szaty śnieżnej a zupełnie odrębnie morfologję zanikającej szaty śnieżnej. Wydaje się być rzeczą nie ulegającą dyskusji, że w każdym z tych okresów istnienia pokrywy śnieżnej inne momenty na szczególną zasługują uwagę. Narastanie szaty śnieżnej, zależne od wysokości opadu, nachylenia stoku, jego zadrzewienia, dokonuje się inaczej w czasie bezwietrznym, inaczej gdy panują silne wiatry. Morfologja trwającej szaty śnieżnej jest wypadkową nie tylko stosunków termicznych, wilgotności, ekspozycji, grubości pokrywy śniegowej i t. p. ale i geograficznego rozmieszczenia formacji roślinnych względnie skał i nagiej gleby, jakoteż działalności wiatrów w okresie trwania szaty śnieżnej. Wygląd zewnętrzny zanikającej szaty śnieżnej niemniej jest zależny od wyżej wymienionych czynników. Zmianie ulega jeno ich udział i znaczenie. Posiadają różny walor, do czego w znacznym stopniu przyczynia się element tak ważny, jakim są wody roztopowe.

Równie jasną wydaje mi się potrzeba rozgraniczenia powyżej naznaczonych zagadnień od problemów natury meteorologicznej i klimatologicznej, do których zaliczyćby należało studja nad opadem śnieżnym, nad trwaniem szaty śnieżnej, nad ilością dni z opadem śnieżnym i t. p. [3]. Badania czy to nad grubością szaty śnieżnej, czy też nad jej rozmieszczeniem geograficznym stanowią przejście do studjów z zakresu morfologii niwalnej.

Podobnie jak w geomorfologii — a może w wyższym nawet jeszcze stopniu — wskazanem byłoby pociągnięcie wyraźnej linii demarkacyjnej między morfologją szaty śnieżnej a morfografją jej form. Fizyczne właściwości śniegu zdają się zalecać, jako studjum podstawowe, analizę morfograficzną jego form. Od sumienności, bystrości i wnikliwości badacza zależeć będzie zdobycie podstaw dla wzniesienia systemu klasy-

fikacyjnego form, na którym dopiero może się oprzeć rzetelna morfologia szaty śnieżnej.

Pośród trudności metodycznych, jakie piętrzą się przed morfologią niwalną nie na ostatnim miejscu podkreślić należy sprawę wzajemnego przenikania się i zazębiana poszczególnych stadjów życia pokrywy śniegowej. Pozornie jednolity płaszcz śniegu, zatulający potężny masyw górski od niebiesiężnych szczytów do głęboko wżartych dolin zastanawia wielkiem bogactwem, przepychem nieledwie, pojawów życiowych. W tym samym czasie na stosunkowo niewielkiej powierzchni sąsiadują bezpośrednio płyty śniegu narastającego, trwającego i zanikającego. Trudność w rozeznaniu i ocenie charakteru danej szaty sprowadza się do braku wiadomości o formach typowych poszczególnych stadjów; potęguje się zaś wskutek postępujących i żmudnych do odczytania nawarstwień i zakłóceń normalnego cyklu rozwojowego.

Dzisiejszy stan naszych wiadomości pozwala dopiero „ex post“ na podstawie obserwacji meteorologicznych określać w grubym zarysie minione stadja rozwojowe szaty śnieżnej. Jest to jednak przekrój przez historię szaty śnieżnej, jako całości. Niema tam miejsca na zagadnienia lokalne, na problemy o rozpiętości coprawda znacznie mniejszej — a przecież niezwykle ciekawe i z punktu widzenia naukowego i ze względów praktycznych. Wszak powolne zanikanie szaty śnieżnej, wyzyskującej cieniłą ekspozycję, wywołane jest lokalnym niedoborem termicznym; pociąga atoli za sobą jaknajdonioślejsze konsekwencje lokalno-klimatyczne [4].

Powyższe uwagi wskazują jak obszerna dziedzina badań oczekuje pracy. Przechodząc obecnie do analizy kilku form śniegu, pragnąłbym zaznaczyć, że nie leży w moich intencjach rozstrzygnięcie pewnych kwestyj. Chcę je poruszyć.

Tutaj zajmę się z a n i k a j ą c ą szatą śnieżną. Na wstępie należałoby zdefiniować jej charakter oraz opisać genezę w poszczególnych okolicach obszaru objętego badaniami. To, co na pierwszy rzut oka wyda się jednolitą szatą śnieżną, może być w jednej części płatem o normalnym cyklu rozwojowym, gdzieindziej może wykazywać bardzo bujną przeszłość. Coprawda nie zawsze da się to odczytać. Płat bezśnieżny np. może pochodzić równie dobrze z okresu narastania, jak z okresu działalności deflacyjnych wiatrów w czasie trwania szaty śnieżnej lub też może być efektem zaawansowanego zanikania. Rozróżnić zatem należy przesypanie śniegu z jednego miejsca w inne, w warunkach termicznie sprzyjających trwaniu szaty śnieżnej, od zaniku tejże szaty wskutek topnienia wywołanego zwykłym ruchem temperatury. Jeżeli jednak przejście z okresu trwania szaty śnieżnej w okres jej zanikania

dokonywane przy istnieniu mniej lub więcej zwartej pokrywy śniegowej wskutek zmian termicznych, wtedy zasadniczym zjawiskiem jest osiadanie tającego śniegu, który rwie się w skiby. W zależności od tego, jak zaawansowanym jest tajanie, skiby pooddzielane są płytszemi lub głębszemi szczelinami pionowymi. Oczywiście, że i intensywność tajania zasługuje na uwagę. Poza to możliwość opierania się na głębokości spękań, jako wskaźniku stadjalnym zaniku szaty śnieżnej, osłabiona jest równoczesnym, ciągłym i nieustannym osiadaniem całej masy.

Kilku słów wymaga proces osiadania tającego śniegu, tem więcej, że wywołać go mogą dwie różne przyczyny. Pragnąłbym zaś podkreślić, że natężenie insolacji wyraźnie się zaznacza. W jednym wypadku masa śniegu osiada wyłącznie z powodu zmiany fizycznych własności nagrzanego śniegu, w drugim rozwój zjawiska zależnym być może od wymycia przez wody roztopowe spągowych mas śniegu — co prowadzi również do osiadania masy nadległej. W tym ostatnim wypadku zmiany gęstości aczkolwiek niewykluczone, nie są jednakowoż ani konieczne ani typowe. Obserwując osiadanie tającego śniegu dostrzeżemy, że warunkiem powstania skib jest pokrycie się szaty śnieżnej wskutek wahań termicznych — skorupą (wody roztopowe ulegają ścięciu), albo istnienie nierówności w podłożu, co przy znaczniejszej grubości szaty śnieżnej jest dostateczną przyczyną nierównomiernego rozwoju zmian gęstości; w obu wypadkach przy przesuwaniu się mas śniegu dochodzi do odkształceń nieciągłych.

Jeżeli jednak warunki termiczne w okresie tajania wykazują pewną stałość, wtedy zanikanie szaty śnieżnej posiada nieco odmienny przebieg. Powodem tego jest ciekawa relacja, w jakiej pozostają gęstość śniegu i natężenie insolacji. W miarę wzmaganie się insolacji zaznacza się (do pewnego zresztą tylko momentu trwający) wzrost gęstości śniegu wywołany pionowym opadaniem, powstałych wskutek tajania, kropel. Jeżeli szata śnieżna posiada dostateczną miąższość, dochodzi w pewnej głębokości do ścinania przesiąkających przez płaszcz śniegowy kropel. Tą drogą rozwija się wewnątrz pokrywy śnieżnej wewnętrzna skorupa. Dokonywane się równocześnie zmiany gęstości w nadległej masie śniegu przypisać należy jego własnościom kapilarnym. Gdy górna masa śniegu osiągnie w ten sposób stosunkowo znaczną gęstość, małe nawet wahnięcie temperatury spowodować może ścięcie zewnętrzne. Powstanie zatem skorupa zewnętrzna.

W każdym jednak razie i niezależnie od powyższych uwag w początkowym okresie tajania obserwować można powierzchniowy, t. zn. na płaszczu śniegowym dokonujący się odpływ wód roztopowych. W miarę przedłużania się procesu tajania powstaje w sko-

rupie śniegowej systemat kanalików pionowych (ukośne są znacznie rzadsze i żywot ich jest nader krótkotrwały), ku którym dopływające wody żłobią dolinki. Wzmiankowanymi kanalikami ściekają wody roztopowe pod pokrywą śnieżną. Zczasem kanaliki rozszerzają się, a powodując w ten sposób wewnętrzne załamywanie ścian — przyczyniają się do darcia zwartej szaty śnieżnej.

Powstawanie kanalików związane być może albo z mniejszą miąższością szaty śnieżnej, wobec czego ułatwione jest termiczne działanie promieni słońca i erozyjne wody płynącej, albo z występowaniem w śniegu obcych ciał np. ciemnych, absorbujących światło słoneczne, dzięki czemu przewodnictwo termiczne wzrasta, zyskując nowe ośrodki nagryzania, lub też powstanie ich jest predysponowane wcześniejszym podziurawieniem płaszcza śniegowego przez spadające pionowo krople.

Postępujące rwanie się szaty śnieżnej w skiby zdaje się pozostawać we wcale wyraźnym związku z morfologią podłoża. Z chwilą rozpadnięcia się zwałtego płaszcza — o ile stosunki termiczne nie ulegają zmianie — zanik postępuje coraz szybciej. Na krawędziach wewnętrznych i zewnętrznych rozpadającego się w skiby płaszcza śniegowego dogodnie obserwować można zanik miąższości śniegów ku peryferjom i ku miejscom odpływu wód topniejących. Obserwacja ta zdaje się być o tyle nie bez znaczenia, że podkreśla ona wyraźnie rolę dolnego poziomu erozji w niszczeniu pokrywy śnieżnej, rzucając równocześnie światło na klimatyczne znaczenie rozmieszczenia deniwelacji.

Tutaj wspomnieć należy o charakterystycznych „wrotach śniegowych“ t. zn. o bramach, które z pod skib i płatów śniegu wypadają wody roztopowe, rozwijając mniej lub więcej wyraźną czynność erozyjną i denudacyjną [5]. Do nader interesujących zjawisk, związanych z wrotami zaliczyć należy częste obsunięcia (rodzaj spełzania śniegu) i rzadsze oberwania. Obsunięcia są naturalną konsekwencją słabnącej na zewnątrz miąższości poszczególnych płatów i ślizgania się masy gęstszego w spągu śniegu po mokrem podłożu; oberwania w formie pionowych ścian pojawiają się w wypadkach energiczniejszej insolacji lub utrudnionego spływu wód.

Niezależnie od nakreślonego tu schematu zanikania szaty śnieżnej — schematu nader elastycznego: wystarczy uwzględnić możliwości nachyleń terenowych — pragnąłbym podkreślić pojawianie się na szacie śnieżnej pierwszego znamienia, które zapowiada wkroczenie płaszcza śniegowego w stadium zanikania. Znamieniem tem są miseczki o średnicy około 20 cm; są one otoczone ciemniejszymi obwódkami, które stykają się wzajemnie. Geneza wzmiankowanych obwódek jest dla mnie zupełnie

zagadkowa — a to tem więcej, że ich ciemniejsze zabarwienie położyć by należało na karb w tak ciekawy sposób wydzielonego pyłu [6].

Na stokach i zboczach o nachyleniu 10° — 20° przedstawia szata śnieżna po zluźnieniu się w skiby obraz godny uwagi i obserwacji. Przedewszystkiem dokonuje się tu szybki zanik charakteru skib. Proces ten ma przebieg następujący: typowe dla skib ostre krawędzie marnieją najwcześniej w dolnej części każdej skiby, zachowując się najdłużej w górnych częściach. W ten sposób zanik krawędzi jest zgodny z nachyleniem. W następnym stadium zanikający płaszcz śnieżny przedstawia się jako pole porozrzucanych płatów śniegowych między którymi czernią się golizny t. j. bezśnieżne płaty powierzchni ziemi.

Przyczyny nierównomiernego tajania mogą być najrozmaitsze. Przy analogicznej ekspozycji bardzo ważną jest miąższość śniegu, przyczem dzięki różnym fizycznym i strukturalnym własnościom śniegu, znajdującego się w jednym wypadku *in situ*, kiedyindziej nawianego, proces topnienia, a zatem zanikania szaty śnieżnej, doznaje wyraźnego zróżniczkowania. Ze szczególną wyrazistością zaznacza się rola np. flory. Dokoła drzew, krzewów, a nawet słupów, pali, krzyży, kamieni i t. p. zaobserwować można „krezy“ — koliste pasy bezśnieżne różnej szerokości i o zmiennych stosunkach nachylenia. Formę tą omówimy wspólnie z dwoma następującymi: „wymieciskiem“ i „parzeliną“.

Wszystkie te formy są bezśnieżne i różnią się zasadniczo między sobą pod względem genetycznym. Wymiecisko powstaje w czasie narastania lub trwania szaty śnieżnej zawsze jednak i koniecznie pod wpływem działania wiatru, rozbijającego się o przeszkodę. W ten sposób wymiecisko jest formą wklęsłą o stoku zgodnym z orbitą wiru. Cechuje się ono stosunkowo łagodnymi ścianami, zazwyczaj brakiem uwarstwienia oraz zupełnem niewykształceniem krawędzi. Głębokość i kształt formy zawisły od chyżości wiatru, wysokości przeszkody i jej usławienia oraz od ogólnej miąższości szaty śnieżnej. Jest to więc forma z okresu narastania lub trwania płaszczu śnieżnego niezwykle typowa dla morfologii wzmiankowanych stadjów. Wspominam o niej tutaj celem przeciwstawienia jej innej, podobnej formie wklęsłej — a mianowicie parzelinie, będącej jednak charakterystyczną formą zniszczenia. Parzeliny towarzyszą jakimkolwiek przedmiotom, podnoszącym się wyraźnie ponad bezpośredni poziom najbliższej części powierzchni ziemi; znaczy to, że dla powstania i rozwoju parzeliny przedmioty owe nie muszą występować ponad powierzchnię śniegu; przeciwnie działanie ich uwidacznia się nawet wtedy, gdy zasnuć śniegiem nie zakłócają monotonii równinnego płaszczu. Parzeliny w stadium zupełnego wykształcenia cechują się ostrą, wyraziście zarysowaną krawędzią, ścia-

nami zawsze w stosunku do danego przedmiotu równoległymi przyczem nierzadko bywają one w stadjach początkowych, poderwane; na ścianach w formie fal uszeregowane miseczki. Ponadto prawie z reguły ściana daje profil nawarstwienia. W stadjum początkowym zaznacza się parzelina w postaci plamy cokolwiek ciemniejszej od otaczającego śniegu, a leżącej nad danym przedmiotem, który ukryty jest jeszcze w śniegu. Formą podobną morfologicznie do dojrzałej parzeliny jest opisana kreza.

Jeżeli geneza parzeliny zdaje się być względnie prosta (termiczne działanie przedmiotu i różnice w miąższości; zjawiskiem analogicznym byłoby szpary między lodowcem a stokami doliny), to powstanie krezy związane jest z przedmiotem dokoła którego forma się rozwija. Sądzę, że słabsza miąższość śniegu pod drzewami i słupami (a raczej wokół nich), tłómacząca się wirami powietrznymi, a nadto w odniesieniu do drzew ochronnem do pewnego stopnia działaniem korony-parasola, ułatwia w momencie zaistnienia sprzyjających tajaniu warunków termicznych rozwój krezy. Jestem skłonny przypuszczać, że i spadanie ciepłych kropel z korony drzewa nie przechodzi bez skutków.

Postępujące zluźnienie zwartego początkowo płaszcza śniegu odbywa się zatem w dużej zależności od morfologii podłoża i warunków topograficznych, rzecby można w zależności od sytuacji terenu w sensie kartograficznym. Te oba momenty decydują *ceteris paribus* o morfologii zanikającej szaty śnieżnej. Jeżeli, śledzącego rozwój i przebieg procesu zanikania płaszcza śniegowego, uderza bogactwo form i nierównomierność niszczenia pokrywy śnieżnej, to dla wyjaśnienia przyczyn i zrozumienia ewolucji procesu sięgnąć trzeba do dwóch dalszych okoliczności, wyciskających na nim niezatarte piętno t. zn. do nachylenia i do ekspozycji.

Ekspozycja i nachylenie warunkują wysokość sum ciepła odbieranych lokalnie przez powierzchnię, przyjmując oczywiście identyczne warunki insolacji, a więc zarówno co do godzin jej trwania, jak i pokrycia terenu. Innemi słowy ekspozycja i nachylenie wyrażają się termicznie, regulując możliwości niszczenia szaty śnieżnej. Należy zaś nadto zaznaczyć, że topniejąca w zależności od warunków termicznych pokrywa śnieżna, po rozpadnięciu się w skiby i „kopliny“ t. j. płyty śniegu poprzegradzane goliznami, poddana zostaje fizycznemu działaniu siły ciężkości, które zaznacza się z rosnącym nachyleniem stoków. W ten sposób wyjaśniliśmy zespół zjawisk, towarzyszących zanikającej szacie śnieżnej, funkcjonalnem działaniem ekspozycji i nachylenia, jako regulujących ostrzejsze kontrasty termiczne i zwróciliśmy uwagę na te czynniki, które zdają się grać pewną rolę przy powstawaniu form drobnych.

Z przedstawienia powyższego wynika istnienie dość poważnych różnic, o ile chodzi o zanikanie szaty śnieżnej na niżu a w górach.

Podejmując próbę klasyfikacji procesu zanikania szaty śnieżnej — rozporządzamy dwoma ogniwami niewzruszonymi. Proces bierze początek w zwartym polu śniegowym, dobiega zaś kresu z chwilą zniszczenia śniegu t. zn. z chwilą odkrycia całego obszaru: stąd stadjum końcowe — pole bezśnieżne. Wszelka próba klasyfikacji musi zamknąć w tej amplitudzie całokształt procesu. Na podstawie mojego dotychczasowego doświadczenia wydaje mi się wskazanem oparcie klasyfikacji na powierzchniowym stosunku golizn i koplín, wyrażonym w skali 10-cio lub 100-stopniowej (jak np. zachmurzenia), oraz na morfologii poszczególnych płatów śniegu.

Notatki prowadzone w terenie w czasie badań winny ściśle lokalizować każdą poszczególną obserwację, podając wyniesienie n. p. m., ekspozycję, nachylenie (0° — 5° , 5° — 10° , 10° — 20° , 20° — 40° , ponad 40°), sytuację terenu (L = las, K = formacja krzewów, ξ = łąka, R = rola, Sk = skała) oraz grubość i gęstość śniegu w cm.

Paralelizacja obserwacyj z danymi meteorologicznymi zwróci niewątpliwie uwagę na cały szereg dalszych, nie podniesionych tu, problemów.

Instytut Geograficzny U. J. w marcu 1928.

Literatura.

1. Dobrowolski A. B.: Historia naturalna lodu — Warszawa 1913, str. 410—635.
Ratzel: Die Schneedecke besonders in deutschen Gebirgen — Stuttgart 1899.
2. Niebrzydowski W.: O zamieciach śnieżnych na kolejach żelaznych. — Prace meteorologiczne i hydrograficzne — Warszawa 1924, z. I.
Dobrowolski A. B.: Z powodu artykułu p. W. Niebrzydowskiego „O zamieciach śnieżnych na kolejach żelaznych“, i t. d.
3. Kamińska E. W.: Trwałość szaty śnieżnej na północnym stoku Karpat. — Rozprawy Polskiej Akademii Umiejętności — Kraków 1911, tom A, str. 317—344.
Kosińska-Bartnicka Stanisława: Uśnieżenie w Polsce zimą 1923/24. — Czasopismo Geograficzne 1924, str. 793—406.
Romer Eugenjusz: Klimat Ziemi Polskich. — Encyklopedia Polskiej Akademii Umiejętności — Kraków 1912, tom I.
Merecki Romuald: Klimatologia Ziemi Polskich — Warszawa 1915.
4. Szafer Władysław: O fenologicznych porach roku w Polsce — Kosmos 1923.
5. Passarge S.: Morphologischer Atlas I. — Morphologie des Messtischblattes Stadtremba — Hamburg 1914, str. 160—161.
6. Dobrowolski: Historia naturalna lodu, str. 613—615 (fale topnienia).

Summary

(The report of a scientific excursion in the surrounding of Babia Góra in the Carpathian Mountains, carried out by the Geographical Institute, Jagellonian Un., Cracow).

The Geographical Institute of Cracow organised in March of 1924 an excursion to the surroundings of Babia Góra, under the scientific direction of the late professor Ludomir Sawicki.

While skiing upwards analysis of the snow forms were made, their origin discussed; special attention being paid to the importance of climatic conditions, endeavouring to estimate the part played by the exposure and organic cover.

This excursion left a lasting impression in the minds of its members, on account of the multiplicity of the snow-forms, and the working conditions. Special care had been given to the setting of problems and primary hypothesis. Under the terrible impression, produced by the tragic end of our beloved Leader, we turn our thoughts the more readily to that period of joyful collaboration of five years ago.

In the present work it would be difficult strictly to define the limits between the results of collective work and those of the personal observations of the author intermittently carried through in the course of four years and a half. It was undoubtedly in March 1924 under the impression of the immense snow-fields swept by the icy winds, in the depths of the Carpathian pine-forests, that the above idea was conceived.

The snow which for several months covers the whole terrain of Poland has till now never been investigated by the Polish geographers. During the Wintertime, the geographers have always turned their attention to the investigation of problems which could be solved in cosy well-heated rooms. The scale of investigation of the snow-cover is extremely extensive, both as to the multiplicity of problems, carefully enumerated by Dobrowolski and Ratzel, and its practical importance.

The lack of interest hitherto shown in the snow-covering is therefore rather incomprehensible. We forget to take into consideration that the snow-cover takes its origin by the force of its own laws, that it develops according to special and individual norms appearing in its forms and structure. The morphology of the snow-cover forms the subject of the following lines. We divide our observations into three headings i. e. the morphology of 1. the accrescent (growing up) snow-cover, 2. that of the permanent snow-cover, 3. and of the melting one.

Without doubt in the course of these evolutions different moments must be taken into consideration.



The growth of the snow-cover depends upon the height of the fallen snow, the inclination of the mountain-slope, its forests growth, differentiating according to the influence of the winds. The morphology of the increasing snow-cover is the result not only of the thermal conditions, the moisture, the exposure, and the thickness of the snow-cap and so on, but it depends also upon the geographical distribution of vegetation, rock and soil formations as well as the influence of the winds.

The morphology of the melting snow-cover is just as dependent upon the above mentioned factors, varying only as to quantity and quality (their importance and the parts therein). The determining factors are the waters of the melting snow-masses. We have to draw a strict line between the problems mentioned above, and those of meteorology and climatology, i. e. the studies upon the fallen snow, upon the duration of the snow-cover, upon the number of snowy days and so on. The investigation as to the thickness of the snow-cover, or to its geographical distribution forms a transition to the studies upon the morphology of snow-cover. As in geomorphology, we have to discern strictly the limit between the morphological analysis of the snow-cover and of its forms. The latter are the results of the physical nature of the snow. Therefore in the first place the research of the morphology of snow-forms must be undertaken. The explorer will fix the qualitative system of the classification of the morphology of the snow-cover by his conscientiousness and comprehension. The mutual penetration of the separate states of the development of the snow-cover is one of the greatest difficulties in this study. There is a great multiplicity of forms under the seeming uniformity of the snow, covering the high mountain from the highest peak to the profound depth of the valleys.

In great contiguity we find patches of snow: spreading, melting or permanent. The difficulty of classification is caused by the want of norms, by which the typical forms of each separate state might be defined; and the standardizing of these norms is rendered more difficult by the disturbance of the normal cycle of development of the snow-cover. These norms are determined „ex post“, grounded upon the meteorological observations.

We leave out of the question some local problems, although they are very important from the scientific point of view and practical application; for instance the slow melting of the snow-cover, caused by the shady exposure and the local thermal deficiency, although there are some local climatic consequences of this fact.

It is my intention to touch upon certain questions rather than to solve them.

Let us turn our attention to the melting snow-cover, define its character and describe its origin in the several districts of the given area.

It is necessary to discern the action of the drifting of the snow from one point to another in such thermical circumstances, furthering preservation of the snow-cover; the disappearance of the snow-cover produced by its melting is the result of some increase of the temperature. This transition from the state of permanency to the melting state of the snow-cover caused by thermic changes, brings forth a special phenomenon, i. e. the subsidency of the melting snow, and its cracking, forming „clods“ (skiba). They are divided by deegs or shallow vertical rents (pionowe szczeliny), according to the state and intensity of the melting of the snow. The perpetual subsidency of the snow renders the estimation of the depth of these clefts more difficult. It might be the norm of definition in what state of consuming away is the snow-cover. This settling of the snow-cover is caused by the intensity of insolation; as the second reason might be accepted the changes of the physical nature of the „warmed“ snow — or the vacuity under the higher strata of the snow-cover, caused by the waters produced by the melting process. The clefts (rinks) form only, when the snow is covered by the crust of the freezing water, or when there is some ruggedness of the terrain (unevenness) underneath. The deciding factor is the movement of the snow-masses. The melting of the snow-cover has various course, according to the thermic circumstances and their permanency during the melting period. This change might be explained by the dependency of the snow-thickness upon the intensity of insolation.

This dependency is directly proportional. It is the result of the vertical trickling through of the drops of melted water. At certain depths they refreeze. In such a manner an interior crust in the snow-cover arises. This takes place only when the snow-cover is sufficiently thick. Simultaneously the higher strata of the snow change their density. It is the result of the capillarity of the snow. If the higher parts of the snow attain some greater thickness then the slight variations of the temperature are able to cause the freezing of exterior parts. In this way the exterior crust is formed. Firstly the waters of the melting snow run downwards over the surface. A system of vertical channel forms, into which all the little valleys eroded by the running off water empty themselves. There are still some oblique channels, but they are very rare and transitory. The melted waters penetrate under the snow-cover

through these channels. When the melting period is prolonged, the channels widen, the sides of the latter cruck and the compact snow-cover falls to pieces.

The genesis of the channels is various; the ones develop there, where the cover is thinner influenced by thermic activities of the suns rays, and the erosion of the trickling waters.

The presence of foreign bodies, absorbing the sun-light, further the thermic induction, thus hastening the formation of the channels.

Others are predisposed by the drops dropping perpendicularly through the snow-cover thereby perforating it.

This decay of the snow-cover is strictly connected with the morphology of the earth surface. The more intensive the thermic conditions are established — the sooner the perforated snow-cover vanishes.

The volume of the snow-cover diminishes first at the edges of the crevaces and in the direction of the melted waters, flowing downwards. The distribution of the ground-denivelation is of great climatic importance as well as the lower level (basis) of the erosion.

There are formed some s. c. snow „arches“ through which the melted waters run from underneath the clumps of snow, causing erosion and denudation. Near these „arches“ „subsidences“ of the snow frequently take place but it seldom comes to a breaking off of the snow-cover. This is the result of the weakening of the compactness of the snow-cover, and the slipping downwards of the snow-lumps over the wet surface. When the insolation is very intensive and the downward-movement is hindered, then the crumbling process causes the formation of perpendicular walls in the snow-cover.

This scheme of the vanishing snow-cover is very elastic, but there are some exterior signs by which we can conclude, that the snow-cover is thawing. The snow settles into numerous, slight, contiguous concavities of about 20 cm in diameter, all with blakish edges. This last feature must be attributed to the action of dust, whose origin is enigmatic [6].

On the slopes at an inclination of 10° — 20° the state of the breaking up of the snow-cover presents quite a different picture. The longitudinal clumps of snow vanish very quickly; first of all the lower ridges disappear, then the higher. This vanishing of the ridges is in accordance to the inclination of the slope. The snow-cover forms broken up masses, amongst them, here and there we see bare patches of ground.

This iniquity of the melting-process is attributable to different causes. Given the same exposure the variability of the thawing-process

is produced by the thickness of the snow-cover. The physical and structural nature of the snow-masses must be also taken into consideration. The snow „in situ“ and in drifts reacts variously upon the thermic process. The vegetation is too an important factor.

Circular bare patches form easily round tree-trunks, bushes, even round boulders. Besides these we have still two kinds of bare-patches of earth, i. e. such bared by the drifting of the snow, and „chafed“ or „galled“. Their origin is different. The first are caused by the wind driving away the snow into drifts in places where there are obstacles; they may arise both during the increase and during the permanency of the snow-cover. They form a depression conform with the whirling direction of the wind. The snow-slopes encircling these bare patches are very smooth. They are not developed in layers and have no sharp edges. The depth and the form of these depressions depend upon the swiftness of the winds, the height of the obstacles and their position. These constellations are in strict connection with the growth or the lasting of the snow-cover.

Other bare patches are formed by the previous thawing of the snow upon certain objects hidden beneath the snow-cover. Such pronounced bare patches have sharply outlined edges. These edges form according to the outlines of the hidden object, the warmth of which is the cause of the thawing. The snow of their surface presents some undulations. Very characteristic also is the profile of the layers, to be observed in the sides of the snow-cavity.

The development of such „chafed“ bare patches is formed directly above the hidden objects — at first as a dark patch in the snow, then a gradual — sinking of the snow takes place at this point. The creation of these bare patches is attributable to the thermic properties of the hidden object and various depth of the snow. In the last state a circle is formed round the object already exposed to the action of the air. The scarcity of the snow under trees and near poles influences this action; the snow forms drifts round these obstacles and the crowns of the trees work protectively. The influence of the droppings from the trees is to be taken into consideration.

The melting away of the snow-cover is strictly dependant upon the conformation of the ground, more especially upon the morphology of the terrain and the topographic conditions.

These are the actual factors in the morphology of the melting snow-cover. Besides these we have to reckon with the inclivity and the exposure of the terrain. These two last factors form some stability of the thermic process. They regulate the volume of heat spread over given

surface. This cracked snow-cover is further subject to the laws of gravity increasing according to the inclination of the slopes.

In this manner we have endeavoured to outline the phenomena, accompanying the process of the breaking up of the snow-cover.

Our aim has been emphasize the importance of exposure and inclination of the slopes, regulating the thermic conditions, and to call attention to some problems of the morphogenesis of the smaller forms of the melting snow-cover.

It is quite certain that there is a great differentiation between the thawing process of the snow in the lowlands and in the mountain-districts. Every attempt of classification of the vanishing snow-cover must start by the permanent snow-cover and finish by the earth devoid of snow. The whole process is enclosed in these two limits. The relation of the bare patches of ground and the ground covered with snow must form criterion for the classification of the development of the snow-cover.

This relationship of the surface must be taken in a scale of 10^0 — 100^0 . Aerophotogrammetry has special value for this kind of research-work. Such researches in the terrain should be carried out according to

- 1) the hypsometry [the height above sea-level],
- 2) the exposure,
- 3) the inclination of the slopes,
- 4) the position of the terrain,
- 5) the depth (thickness) and the density of the snow-cover in cm.

Doubtless it would be advisable to make comparative measurements between the meteorological and above mentioned observations.



PRACE
INSTYTUTU GEOGRAFII
UNIWERSYTETU JAGIELLONSKIEGO W

2107

- Nr. 1. **Kubijowicz.** Izochrony południowej Polski
" 2. **Niemcówna.** Wincenty Pol jako geograf
" 3. **Sawicki.** Z geomorfologii Centralnego Ceylonu 1:80
" 4. **Sawicki.** Przełom Wisły przez Średniogórze polskie
(z ilustr.) 3:40
" 5. **Kubijowicz.** Życie pasterskie w Beskidach Wschodnich
(z ilustr. i mapami) 8:80
" 6. **Smoleński.** Nadwyżki i niedobory ludności polskiej 1:80
" 7. **Medwecka-Heynar.** Gęstość sieci wodnej w zachodniej
i środkowej części wyżyny Małopolskiej 3:—
" 8. **Kubijowicz.** Z antropogeografii Nowego Sącza (z tablicami
i mapami) 4:—
" 9. **Ormicki.** Eksport drewna w dorzeczu Dunajca i Popradu
(z tablicami i mapami) 4:—
" 10. **Sawicki.** Zdjęcia topograf. pułk. Meyer-Heldensfelda 8:—

KRAKOWSKIE ODCZYTY GEOGRAFICZNE.

- Nr. 1. **Siemiradzki.** Indianie południowej Ameryki —:80
" 2. **Bystron.** Ugrupowanie etniczne ludu polskiego —:80
" 3. **Jakubski.** Wyprawa na Kilimandżaro —:80
" 4. **Sawicki.** Węgry doby dzisiejszej —:80
" 5. **Sawicki.** Trypolitanja odzyskana —:80
" 6. **Sawicki.** W narożniku Azji —:80
" 7. **Kubijowicz.** Rozmieszczenie ludności i kultur w Karpatach
Wschodnich —:80
" 8. **Sawicki.** Eskapada samochodowa po Kresach Wschodnich —:80
" 9. **Fiszer.** 1500 mil łodzią żaglową —:80
" 10. **Kubijowicz.** Rozmieszczenie ludności na Ukrainie
Radzieckiej (U. S. R. R.) —:80
" 11. **Sawicki.** Obrazy z Dobrudży —:80

KOMUNIKATY

INSTYTUTU GEOGRAFICZNEGO UNIW. JAG. W KRAKOWIE.

- Nr. 1. **Sawicki L.** Wyprawa „Orbisu“ do Azji Mniejszej. Sprawozdanie tymczasowe.
" 2. **Sawicki L.** Wycieczka na Erdzias-Dagh.
" 3. **Simche Z.** O typach planów krajobrazowych miast.
" 4. **Ormicki W.** Zadania nauczyciela w szkole średniej w świetle obserwacji zebranych na Prosemin. Geogr. Uniw. Jagiell.
" 5. **Gadomski A.** Tatrzańskie kaptuze dopływów Dunajca.
" 6. **Korbel St.** Kartografia szkolna w dzisiejszym systemie nauczania.
" 7. **Kubijowicz Wł.** Górna granica osadnictwa w dolinie Bystrzycy Nadwórniańskiej.
" 8. **Niemcówna St.** Z antropogeografii Zagłębia Węglowego.