

## Streszczenie rozprawy doktorskiej

mgr. Rafała Sikory

### **pt. Rola spękań i uskoków w wykształceniu osuwisk i ich skarp w Beskidzie Śląskim na przykładzie rejonu Baraniej Góry.**

Rozprawa doktorska dotyczy zagadnień związanych z wpływem struktury masywu skalnego na rozwój osuwisk w Beskidzie Śląskim. Jej celem było określenie roli struktur nieciągłych podłoża (spękań i uskoków) w wykształceniu osuwisk i skarp osuwiskowych w obszarze źródłowym Wisły w rejonie Baraniej Góry.

Przeprowadzone badania obejmowały zakres geologii strukturalnej, kartografii i geomorfologii, a ich zadaniem było wykonanie prac terenowych i analiza materiałów teledetekcyjnych w celu wyznaczenia zasięgów osuwisk oraz zebrania danych na temat orientacji i przebiegu struktur tektonicznych w ich podłożu. Polegały one na identyfikacji i kartowaniu geologicznym osuwisk w skali 1:10 000, pomiarach orientacji warstw oraz pomiarach i interpretacji struktur tektonicznych w odsłonięciach. Wykonano blisko 3800 pomiarów orientacji spękań i powierzchni warstwowania, wyznaczono około 4500 toplineamentów oraz ponad 5700 prostoliniowych odcinków skarp osuwiskowych. Dane te zostały zestawione i wykorzystane jako wyjściowe do dalszych analiz. Do analiz geometrycznych, kinematycznych i statystycznych wykorzystano oprogramowanie: MSExcel, Fabric8 i Orient. Mapy wykreślono w programach Global Mapper, ArcGIS i CorelDraw.

Obszar badań obejmował północne i zachodnie stoki Baraniej Góry, których podłoże stanowią utwory górnej kredy (santon-kampan) reprezentowane przez piaskowce i łupki warstw godulskich górnych (z poziomem zlepieńców malinowskich) oraz gruboławicowe piaskowce i zlepieńce warstw istebniańskich dolnych (kampan-mastrycht). Pod względem tektonicznym teren ten znajduje się w obrębie subpłaszczowiny godulskiej stanowiącej fragment płaszczowiny śląskiej. Ze względu na blokowe cechy struktury podłoża obszar ten określony został jako blok Beskidu Śląskiego (Książkiewicz, 1972).

Badania wykazały, że orientacja warstw na tym terenie wynika z ich pozycji tektonicznej w górnym, południowym skrzydle antykliny Szczyrku (o osi zorientowanej w kierunku NE-SW). Zapadają one regularnie ku południowemu zachodowi i południu pod kątami rzędu 10-25°. W utworach podłoża dominują spękania ciosowe, a najwyraźniej

ujawniają się zespoły spękań systemu ortogonalnego. Zespół T jest poprzeczny (w stosunku do orientacji regionalnych struktur fałdowych) i wykazuje kierunek NW-SE, a zespoły podłużne: L, L' i L'' odpowiednio kierunki: ENE-WSW, NE-SW i NNE-SSW. Zespoły systemu diagonalnego zaznaczają się słabiej, a ich kierunki to WNW-ESE (dla zespołu  $S_R$ ) i NNW-SSE (dla zespołu  $S_L$ ). Blokowa tektonika podłoża odzwierciedla się w postaci licznych lineamentów w rzeźbie terenu, których przebieg jest zazwyczaj zgodny z orientacją spękań systemu ortogonalnego. Kierunki te są również charakterystyczne dla większości wyznaczonych uskoków. Na powierzchniach uskoków, najczęściej poprzecznych o kierunku NW-SE, odnotowano obecność wskaźników przemieszczeń z różnych faz deformacji. Pierwotne struktury wskazujące na prawoskrętną kinematykę przesuwczą zostały nadpisane młodszymi strukturami wskazującymi na przemieszczenia pionowe. Przemieszczenia takie najlepiej zaznaczają się wzdłuż uskoków podłużnych o kierunku ENE-WSW i NE-SW. Największa strefa uskokowa związana z dyslokacjami poprzecznymi przebiega przez centralną część terenu, a towarzyszące jej struktury nieciągłe odnotowano na grzbiecie Cienkowa, w korycie potoku Biała Wiselka i w dolinie Kadłuba. W szczytowej partii grzbietu Cienkowa stwierdzono też występowanie szerokiej strefy uskokowej związanej z dyslokacjami podłużnymi. Niektóre strefy nieciągłe struktury tektoniczne w terenie badań występują kulisowo w postaci stref intensywnego spękania, wzdłuż których mogą ujawniać się procesy osuwiskowe (mi in. na grzbiecie Baraniej Góry). Uznano je za ukryte strefy zniszczenia (*hidden fracture zones*).

Analizy rzeźby terenu wykazały, że monoklinalny układ warstw oraz blokowa struktura podłoża nawiązująca do kierunków spękań (przede wszystkim systemu ortogonalnego) determinowały układ sieci rzecznej, asymetrię stoków i obecność stromych progów morfologicznych. W obszarze badań dominują stoki kataklinalne (skierowane ku S i SW) oraz ortoklinalne (skierowane ku W i NW). Zależności te spowodowały wyróżnienie się w rzeźbie terenu kuest: Cienkowa i Baraniej Góry.

W wyniku badań udokumentowano 183 osuwiska o łącznej powierzchni 13,75 km<sup>2</sup>, co stanowi 22,57% powierzchni terenu badań. Osuwiskowość stoków w tym obszarze definiowana jest rozmiarami osuwisk. Około 50% powierzchni osuwiskowej stanowi 16 osuwisk, których rozmiary przekraczają 0,5 km<sup>2</sup>. Wśród nich wyróżnia się zespół osuwiskowy Białej Wiselki o powierzchni 2,24 km<sup>2</sup> (16,31% powierzchni osuwiskowej).

Analiza wybranych zespołów osuwiskowych i interpretacja występujących w nich struktur geologicznych pozwoliła na określenie ich związków z podłożem. Przejawiają się

one wyraźnym nakładaniem się kierunków topolineamentów obserwowanych w rzeźbie terenu z kierunkami uzyskanymi w wyniku pomiarów struktur w podłożu. Zwrócono uwagę, że występowanie osuwisk koreluje się z maksimami zagęszczeń topolineamentów.

Największa liczba osuwisk rozwinęła się w układzie konsekwentnym oraz insekwentnym w stosunku do orientacji warstw i najczęściej zajmują one całe powierzchnie stoków kataklinalnych i ortoklinalnych.

Rozpoznane osuwiska mają charakter skalny i skalno-zwietrzelinowy. Charakterystyczny dla nich jest prostoliniowy przebieg skarp osuwiskowych, a zwłaszcza skarp głównych. Wzdłuż takich skarp często występują rowy rozpadlinowe, a w koluwiach kilkunastu osuwisk utworzyły się jaskinie. Rozciągłość skarp najczęściej naśladuje przebieg topolineamentów równoległych do spękań zespołów ciosu ortogonalnego T, L i L'. W niektórych osuwiskach (zespoły osuwiskowe Kadłuba i Białej Wisielki oraz osuwisko Polskie Kosarzyska) skarpy rozwinęły się wzdłuż powierzchni uskoków podłużnych (NW-SE) i poprzecznych (NE-SW i ENE-WSW). Mają one wtedy długość nawet kilkuset metrów. Najdłuższe skarpy (do 700 m) stwierdzono w zespołach osuwiskowych Kadłuba i Białej Wisielki. Wysokości skarp odzwierciedlających przebieg uskoków dochodzą do kilkudziesięciu metrów i są one strome. Najwyższe skarpy o wysokości 40-50 m stwierdzono w zespole osuwiskowym Białej Wisielki i w osuwisku Czerwony Usyp na Baraniej Górze. Badania wykazały, że szczególnie długie i wysokie skarpy charakterystyczne są dla osuwisk rozwiniętych na wychodniach gruboławicowych zlepieńców malinowskich i warstw istebniańskich dolnych. Gdy dodatkowo skały te podścielone są utworami cienkoławicowymi, następuje ich dezintegracja i tworzą się blokowiska. Na podstawie analizy geometrii osuwisk, ich położenia na stokach i przebiegu struktur nieciągłych w podłożu stwierdzono, że dla osuwisk, których powierzchnia odkłucia naśladuje przebieg uskoków lub stref spękań typowe są formy szerokie. Są to osuwiska frontalne o strefach odkłucia znajdujących się w górnych częściach stoków. Osuwiska tego rodzaju mają również największe rozmiary i najczęściej rozwinęły się na wychodniach warstw istebniańskich dolnych.

Z badań wynika, że prawie wszystkie osuwiska na terenie Pasma Baraniej Góry mają założenia strukturalne, a charakter ich przemieszczeń jest złożony. Są one wyrazem post-tektonicznej relaksacji masywu skalnego. Często procesy osuwiskowe zachodzą równoległe do osi paleonaprężenia maksymalnego  $\sigma_1$ . Współcześnie jest to oś naprężenia minimalnego  $\sigma_3$ , a zwrot przemieszczeń jest przeciwny. W obrębie większości osuwisk stwierdzono przemieszczenia translacyjne i rotacyjne. Analizy rzeźby osuwisk i kształtów powierzchni

poślizgu wykazały, że zsuwy rotacyjne przeważają nad translacyjnymi. Przemieszczenia rotacyjne częściej występują samodzielnie i stwierdzano je zazwyczaj w osuwiskach rozwiniętych w cienkoławicowych warstwach godulskich górnych. Zsuwy translacyjne są typowe dla utworów gruboławicowych (zlepieńców malinowskich i warstw istebniańskich dolnych) i zazwyczaj są elementem ruchów złożonych. Złożony charakter przemieszczeń wynika ze zmiany ruchu translacyjnego w rotacyjny, co wywołane było najczęściej zmianami litologicznymi w podłożu osuwisk. Niżej położone utwory cienkoławicowe były bardziej podatne na działanie sił ścinających. Nacisk zsuwających się pakietów skalnych na skały w niższych partiach stoków powodował fałdowanie i nasuwanie się mas skalnych. Deformacje tego rodzaju stwierdzono w spiętrzonych czołach osuwisk. Zestawienie tych informacji z geometrią osuwisk frontalnych pozwoliło wyróżnić „struktury szufladowe” i zaprezentować model ich rozwoju.

W końcowej części pracy dokonano klasyfikacji osuwisk według podziałów Varnesa (1978), Dikau i in. (1996) oraz Grabowskiego i in. (2008), które uwzględniają mechanizm przemieszczeń. Większość (ok. 70%) osuwisk w terenie badań zaliczono do typów złożonych (*compound*). Drugim typem są osuwiska rotacyjne (17-18%), a na trzecim miejscu plasują się osuwiska translacyjne (9-10%). Zebrane dane odniesiono również do klasyfikacji Hungra i in. (2014), według której na badanym terenie przeważają powierzchnie zajęte przez osuwiska typu deformacja stoku skalnego (*rock slope deformation*; 39%) i zsuwu skalnego złożonego (*rock compound slide*; 33%). Zsuwy skalne rotacyjne (*rock rotational slide*) stanowią 10% osuwisk, a udział pozostałych typów osuwisk (w tym mieszanych) nie przekracza 7%.

Badania oparte o prace terenowe i analizy teledetekcyjne pozwoliły ustalić główne kierunki strukturalne w obszarze o monoklinalnej i blokowej budowie podłoża skalnego oraz określić ich związek z systemem spękań ciosowych. Analiza materiałów teledetekcyjnych pozwoliła na uszczegółowienie danych związanych z tektoniką nieciągłą, zwłaszcza przy wyznaczaniu uskoków. Blokowa budowa podłoża skalnego miała znaczący wpływ na rzeźbę terenu badań. Przedstawione wyniki badań potwierdziły istotną rolę czynników biernych na rozwój osuwisk w Beskidzie Śląskim. Stwierdzono wyraźny związek między skarpami osuwiskowymi a uskokami. Zależność ta najbardziej uwidoczniła się przy szczegółowym badaniu zespołu osuwiskowego Białej Wiselki i osuwiska Polskie Kosarzyska.