

Zapis procesów ekstremalnych w osadach i rzeźbie doliny Rio Colca (Andy Środkowe)

Tomasz Kalicki*¹, Józef Kukulak²

¹Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy Jana Kochanowskiego, Instytut Geografii, ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, ul. Św. Jana 22, 31-018 Kraków

²Akademia Pedagogiczna, Instytut Geografii, ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków

Wprowadzenie

Dolina Rio Colca jest jedną z dolin zlewiska pacyficznego, która wcięta jest w Kordylierę Centralną i Zachodnią Andów w południowej części Peru. Rzeką rozcina podłoże zbudowane głównie ze skał kenozoicznych (wulkanicznych i osadowych), rzadziej mezozoicznych (jura–kreda). Jest to region do dziś bardzo aktywny tektonicznie (neotektoniczne ruchy pionowe, wulkanizm), wysoko położony (ze szczytami ponad 6000 m n.p.m.), o zwrotnikowym klimacie z dużymi, rocznymi i lokalnymi, kontrastami termiczno-wilgotnościowymi (opady 50–1000 mm/rok). Rio Colca ma reżim deszczowy nawiązujący do rocznego rozkładu opadów, z maksymalnymi przepływami w półroczu letnim. Wielkość tych przepływów zaburza cyklicznie pojawiające się zjawisko El Niño (Veblen i in. 2007).

Rio Colca ma źródła na płaskowyżu Altiplano na wysokości ponad 4500 m n.p.m. Zdążając do Pacyfiku, przez ok. 600 km parokrotnie zmienia kierunek biegu, wielkość spadku oraz charakter rzeźby zboczy i dna doliny. Jej odcinki: górny (100 km na Altiplano) i dolny (100 km na przedgórskim pedymencie) mają względnie łagodne spadki (do 20‰), natomiast odcinek środkowy (ok. 300 km) jest stromy (ponad 40‰), a dolina jest głębokim kanionem (1000–3000 m – najgłębszym na świecie) o młodej rzeźbie. Powyżej kanionu przetrwał długi (ok. 30 km) łagodniejszy i płytszy odcinek doliny o nieodmłodzonej rzeźbie dna. Ten właśnie odcinek doliny i przyległy (górny) fragment kanionu (ok. 100 km) były miejscem badań osadów i rzeźby terenu realizowanych w 2006 r. w ra-

mach ekspedycji naukowej kierowanej przez prof. A. Paulo (AGH).

W nieodmłodzonym odcinku doliny (pomiędzy miejscowościami Chivay i Madrigal) przetrwały miąższe (ponad 200 m) i jeszcze nierozcięte do spągu osady limniczne, wypełniające system młodych rowów zapadliskowych. Są to słabo scementowane osady pylaste (zwłaszcza w dolnej części profilu), poziomo warstwowane, jasne, margliste, makroskopowo identyfikowane jako tufity. W brzeźnych częściach zapadliska wzrasta w nich udział przewarstwień piaszczystych i żwirowych aluwiów oraz wkładek gliniastych osadów zboczowych. Stropowa część profilu tych osadów (ok. 30–50 m) jest bardziej gruboziarnista, złożona z poziomych warstw piaszczystych na przemian ze żwirowymi. W utworach tej serii wzdłuż Rio Colca są uformowane erozyjno-akumulacyjne poziomy terasowe. Szczególnie interesujące dla rozważań o występowaniu zdarzeń ekstremalnych i ich wpływie na przebieg akumulacji są profile osadów włożonych teras niższych. Ponadto zapisem takich zdarzeń są pokrywy lawowe zalegające na utworach jeziornych, rozległe formy osuwiskowe na zboczach doliny i obecność stożków gruzowych u wylotów dolin bocznych.

Kontrasty uziarnienia materiału włożonego w osady limniczne

W podłużnych i poprzecznych przekrojach niższych teras erozyjno-akumulacyjnych (poziomy

* e-mail: kalicki@zg.pan.kraków.pl

III–V) występują erozyjne rynny, wycięte w limnicznych osadach pylastych, w których są włożone żwirowe aluwia. Przebieg tych rynien nawiązuje generalnie do osi doliny, jakkolwiek nie wszędzie jest zgodny z biegiem obecnego koryta rzeki. Charakterystyczną cechą tych rynien są ich bardzo niewyrównane dna, zmienna szerokość i rozgałęzienia lub występowanie ich systemów. W Yanqui trzy blisko siebie biegnące rynny, o głębokościach do 3 m i szerokości 5–15 m, mają przekraczające wypełnienia żwirowe, łączące się w jeden poziom żwirów o miąższości 2–5 m. Między Maca i Achoma rynną w 15-metrowej terasie ma podobną głębokość, a jej wypełnieniem są bardzo grube żwiry (do 0,6 m średnicy, z dominacją 0,2–0,4 m), dobrze otoczone, niewysortowane wielkościowo i bezładnie upakowane w żwirach drobniejszych. Są to aluwia złożone w sposób gwałtowny w warunkach burzliwego i bardzo dużego przepływu rzeki. Szybko musiał przebiegać również proces formowania rynien, w których te żwiry zostały zdeponowane. Ich niewyrównane dna, kręty przebieg i znaczna głębokość sugerują dużą siłę rzeki. Można wnosić, że okresowo występowały potężne wezbrania, których następstwem było rozcinanie dna doliny zbudowanego z osadów jeziornych i wypełnianie tych rozcięć transportowanymi wówczas żwirami. Wezbrania te mogły być powodowane ekstremalnymi opadami atmosferycznymi. W okresach między wezbraniem, przy przeciętnych opadach i wezbraniach, w dnie doliny następowała ponownie sedimentacja drobnoziarnistych osadów z pyłami wulkanicznymi.

Rozwój rozległych i głębokich osuwisk

Na lewym zboczu doliny w Maca znajduje się potężne osuwisko strukturalne, o założeniach prawdopodobnie uskokowych. Objęło ono nie tylko skały paleogeńskie i kredowe, ale również młodsze osady jeziorne w dnie doliny. Duża rozległość osuwiska (ok. 3 km²), podobna wyrazistość i utrwalenie rzeźby jego składowych form (niecki i wały), a także brak przerw w wypełnianiu diatomitami jego podnizowej niecki, pozwalają sądzić, że osunięcie się zbocza było aktem jednorazowym lub krótkookresowym. Jedynie w dystalnej części łapy osuwiska postępuje do dziś przemywanie koluwiów przez Rio Colcę i trwają tam wtórne przemieszczenia pakietowych koluwiów. Także po prawej stronie doliny w Lari i Madrigal znajdują się bardzo rozległe osuwiska (3–8 km²), obejmujące jednak tylko osady limniczne wraz z ich gliniastą pokrywą. Jęzory obu tych osuwisk również dotarły do koryta rzeki, przegradzając dolinę. Osuwiska spowodowały na tym odcinku zniszczenie starszych teras erozyjno-akumulacyjnych. Równocześnie przegradzając dolinę, podparły Rio Colcę aż do wytworzenia powyżej przegrody rozległych zbiorników,

w których mogła postępować sedimentacja drobniejszych osadów. Jest możliwe, że pokrywy drobnoziarniste zalegające na żwirach w niższych terasach powyżej tych zbiorników są śladem depozycji w poosuwiskowych zbiornikach i wyznaczają ich przestrzenny zasięg w górę doliny.

Za przyczynę powstania tych osuwisk można przyjąć tektonikę, gdyż powstały w strefach silnie zuskokowanych i aktywnych sejsmicznie. Ponadto ciągną się one blisko progu erozji wstecznej Rio Colca przy wlocie do kanionu. Uruchomieniu tak rozległych procesów grawitacyjnych, poza impulsami tektonicznymi, mogły sprzyjać przede wszystkim obfite ulewy, które w tym regionie występują rzadko, ale powodują potężne zmywy zwietrzelin i zsuwy nasyconych wodą skał słabo scementowanych (zwłaszcza osadów jeziornych).

Obecność stożków torencjalnych z wałami gruzowymi

Śladem wielkiej dynamiki procesów erozyjnych są wysokie (2–10 m) wały gruzowe złożone na stożkach torencjalnych przy wylotach bocznych dolin do Rio Colca. Największe z nich występują w rejonie miejscowości Chivay, gdzie koncentrycznie zbiegają się dopływy tej rzeki. Wielkość bloków zalegających w tych wałach po lewej stronie kotliny Chivay dochodzi nawet do 7 m. Są one kanciaste, prawie nieobtoczone, mają nieregularne kształty i zalegają bezładnie w drobniejszym rumowisku. Osady tych wałów są współcześnie rozcięte przez dopływy Rio Colca. Duża wielkość bloków powoduje jednak, że cieką mają zbyt małą siłę transportową i zachodzi głównie przemywanie osadów oraz pozostawianie na miejscu grubszych frakcji. Osady stożków torencjalnych złożone na dnie doliny przykrywają lokalnie żwirowe aluwia Rio Colca. Bardzo grube bloki skalne, słabo obrobione, zalegają również w stożkach napływowych prawobocznych dopływów (Tapay) w obrębie kanionu Rio Colca.

Obecność stożków i wałów gruzowych można wiązać z występowaniem potężnych spływów gruzowych, powstających w dolinach dopływów Rio Colca prawdopodobnie w okresach silnych opadów związanych ze zjawiskiem El Niño. Wówczas skoncentrowany spływ rumowiskowych potoków jest wystarczający do transportowania tak wielkich głazów. Słabe obtoczenie bloków i bezładne ich zaleganie w stożkach sugerują, że ich transport był krótki i dostawa pochodziła z blisko położonych stoków o deniwelacjach przekraczających kilka tysięcy metrów.

Pokrywy lawowe a osady dolinne

Osobliwym zapisem wystąpienia erupcji wulkanów i spływów law do den dolinnych są bezpośrednie kontakty w profilach pionowych skał wulkanicznych z jeziornymi. W Achoma jest odsłonięcie dwóch pokryw lawowych przedzielonych marglistymi osadami jeziornymi. Podczas pierwszej (wcześniejszej) erupcji wulkanu cienki potok lawy bazaltowo-andezytowej dotarł do jeziora i został przykryty wodą, a następnie osadami jeziornymi. Drugi (późniejszy) potok lawy był już bardzo miększy i jedynie przykrył serię limniczną. W oparciu o mapę geologiczną (Mapa... 2001) stwierdzono, że mogło to nastąpić na przełomie pliocenu i czwartorzędu (ok. 1,8 mln lat temu). Serię limniczną łączy się bowiem z wybuchami wulkanu Mismi, a potok lawowy z następującym bezpośrednio po nich kompleksem wulkanicznym Hualca-Hualca (Serbier i in. 1985). Podobny przykład związku czasowego obu tych typów skał znajduje się w kanionie Rio Colca koło Canco. Gruby potok lawy spłynął aż do dna doliny, przegrodził jej bieg i przyczynił się do powstania jeziora zaporowego. Z jeziorem tym wydaje się genetycznie i czasowo związana pobliska seria limniczna, zachowana dziś 200 m nad dnem kanionu.

Podsumowanie

Przestawione przykłady osadów i form z doliny Rio Colca są niewątpliwie związane genetycznie z wystąpieniami zdarzeń ekstremalnych. W regionie o nadal aktywnej tektonice zdarzenia ekstremalne łączą się z wybuchami wulkanów, trzęsieniami ziemi i mobilnością stref uskokowych (Galaś, Paulo 2005). Ich zapisem są m.in. pokrywy lawowe w osadach dolinnych koło Achomy i Canco, założenia nisz osuwisk w strefach uskokowych, a być może również uruchomienie samego osuwiska w Maca. Drugą przyczyną pojawiania się na tym obszarze zdarzeń ekstremalnych są występujące cyklicznie obfite opady związane ze zjawiskiem El Niño/Oscylacje Południowe (ENSO), (np. Kane 1999, Lorenc 1999). Podczas tych ulew następują na zachodnich skłonach Andów duże wezbrania rzek i uruchamiane są spływy gruzowo-blotne, często o olbrzymich rozmiarach (np. Wells 1987, Mogillian, Goldstein 2001, Rigsby i in.

2003). Z nimi można by łączyć powstawanie rynien erozyjnych w osadach limnicznych i ich wypełnianie grubymi żwirami. Były również prawdopodobnie przyczyną powstania stożków torrencjalnych z potężnymi blokami skalnymi koło Chivay oraz impulsem do uruchamiania osuwisk w rejonie Lari, Madrigal i Maca. Jest możliwe, że rozległe odmłodzenie osuwiska w Madrigal ma także podobną przyczynę, jako że nasilone zjawisko El Niño powtarza się co kilkanaście–kilkadziesiąt lat (4-krotnie w ostatnich 150 latach).

Dalsze badania osadów i form rzeźby tego terenu, a zwłaszcza dokładniejsze określenie ich wieku, pomogą wykazać większą ich synchroniczność czasową z wymienionymi zdarzeniami.

Literatura

- Galaś A., Paulo A. 2005. Karłowate wulkany formacji Andahua w Południowym Peru. *Prz. Geol.*, 53: 320–326.
- Kane R.P. 1999. Rainfall extremes in some selected parts of Central and South America: ENSO and other relationships reexamined. *International Journal of Climatology*, 19 (4): 423–455.
- Lorenc H. 1999. El Niño. [W:] Nowa encyklopedia powszechna PWN, Supplement, t. 7, s. 808–811.
- Mapa geológico del cuadrángulo de Chivay (actualizado) 1:100 000 (digital). 2001. INGEMMET.
- Mogillian F.J., Goldstein P.S. 2001. El Niño floods and culture change: A late Holocene flood history for the Rio Moquegua, southern Peru. *Geology*, 29 (5): 431–434.
- Rigsby C.A., Baker P.A., Aldenderfer M.S. 2003. Fluvial history and human occupation of the Rio Ilave valley, Peru. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, s. 165–185.
- Serbier M., Mercier J.L., Mégard F., Laubacher G., Carey E. 1985. Quaternary normal and reverse faulting and the state of stress in central Andes of South Peru. *Tectonics*, 4 (7): 739–780.
- Veblen T.T., Young K.R., Orme A.R. (red.) 2007. *The physical geography of South America*, Oxford University Press, New York.
- Wells L.E. 1987. An alluvial record of El Niño events from northern coastal Peru. *Journal of Geophysical Research*, 92 (C13): 14463–14470.