

Młode procesy tektoniczne w strefie uskoku Dien Bien Phu (NW Wietnam) w świetle wstępnych wyników badań osadów czwartorzędowych

Witold Zuchiewicz*, Nguyen Quoc Cuong**, Andrzej Bluszcz***, Marek Michalik*

Young tectonic processes in the Dien Bien Phu fault zone, NW Vietnam, in the light of studies of Quaternary sediments: preliminary report. *Prz. Geol.*, 50: 861–870.

Summary. The Dien Bien Phu (DBP) fault zone, oriented NNE to N, is one of the most seismically active fault zones in Indochina. In NW Vietnam, this zone is 160 km long and 6–10 km wide, cutting through sedimentary and metamorphic rocks of the Late Proterozoic, Palaeozoic and Mesozoic age, as well as Palaeozoic and Upper Triassic granitoids. Along the DBP fault zone there occur relatively small, narrow pull-apart basins (from the north: Pa Tan, Chan-Nua, Lai Chau, Muong Pon, and Dien Bien Phu), the two largest of which (Lai Chau and Dien Bien Phu) have been studied in detail. Both are bounded by sinistral and sinistral-normal faults, responsible for offset and deflected drainage, presence of numerous shutter ridges and displaced terraces, and alluvial fans. The normal component of motion is testified to by well-preserved triangular facets on fault scarps, highly elevated straths in river watergaps, overhanging tributary valleys, as well as high and uneven river-bed gradients. Our observations indicate a minimum recent sinistral offset ranging from 6–8 m to 20–50 m for Holocene valleys to 2–2.5 km for middle-late Pleistocene valleys in different fault segments. The thickness of Quaternary sediments varies from a few to a dozen or so metres in Lai Chau to a few tens or even 130 m in DBP basin. In the Lai Chau basin, the middle terrace (23 m) alluvia of Nam Na River at Muong Te bridge, shortly north of the confluence with Song Da, have been OSL-SAR (optically-stimulated luminescence; single aliquot regenerative dose technique) dated to 26–45 ka. These sediments were normal-faulted by some 12 m after 13 ka, and mantled by vari-coloured slope loams, 8–12 m thick, containing colluvial wedges composed of angular debris. These wedges were probably formed due to at least two palaeoseismic events postdating 14–13 ka. The contact between slope sediments and Triassic bedrock is along a normal fault (N10°W, 78E), accompanied by 0.3–0.35-m-wide fault gouge.

In the Dien Bien Phu basin, in turn, alluvium of the upper Holocene terrace has been OSL-SAR dated to 6.5–7 ka, whereas the younger terrace sediments give ages of 1.8–2.7 ka. Displaced terraces and alluvial fans allow us to suppose that the sinistral and sinistral-normal faults bounding narrow pull-apart basins in the southern portion of the DBP fault reveal minimum rates of left-lateral strike-slip ranging from 0.6 to 2 mm/yr in Holocene and 2–4 mm/yr in middle-late Pleistocene times, whereas rates of Holocene uplift tend to attain 1 mm/yr north of Lai Chau and 0.4–0.6 mm/yr west of Dien Bien Phu. Long-term, average Quaternary uplift rates are difficult to estimate, the minimum values certainly exceeding 0.05 mm/yr.

Key words: active faulting, morphotectonics, OSL-SAR dating, Quaternary sediments, Dien Bien Phu Fault, Vietnam

Strefa uskoku Dien Bien Phu (DBP) o orientacji NNE–SSW do N–S, jednego z najbardziej aktywnych współcześnie uskoku przesuwczych bloku indochińskiego, sięga 160 km długości i 6–10 km szerokości (ryc. 1, 2). W NW Wietnamie biegnie ona od Chieng Chai na granicy z Chinami po przełęcz Tay Trang na granicy z Laosem. W stosunku do obecnie prawoprzesuwczego uskoku Rzeki Czerwonej (Song Hong), uskoku DBP jest lewoprzesuwczym, najprawdopodobniej komplementarnym uskoku sprężonym (ryc. 2). O ile ewolucja uskoku Rzeki Czerwonej doczekała się wielu opracowań (por. Tapponnier i in., 1990; Leloup i in., 1995; Cuong & Zuchiewicz, 2001 i literatura tam cytowana), to historia uskoku Dien Bien Phu nadal pozostaje w sferze przypuszczeń.

Sytuacja geologiczna

Strefa DBP przecina różnowiekowe skały osadowe i metamorficzne późnego proterozoiku, paleozoiku i mezozoiku, a także intruzje granitoidów kompleksów Dien Bien Phu (paleozoik) i Kim Bai (grn. trias; por. My i in., 1978, Tuyet i in., 1978). W SE części omawianej strefy odsłaniają się fliszoidalne łupki sylursko-dewońskie i kwaśne tufy wulkaniczne intrudowane przez granodioryty i granity; dalej ku północy występują skały skrajnie zasadowe nasu-

nięte na utwory paleozoiku, a jeszcze dalej — wulkanity zasadowe permu, łupki i wapienie triasu oraz kontynental-



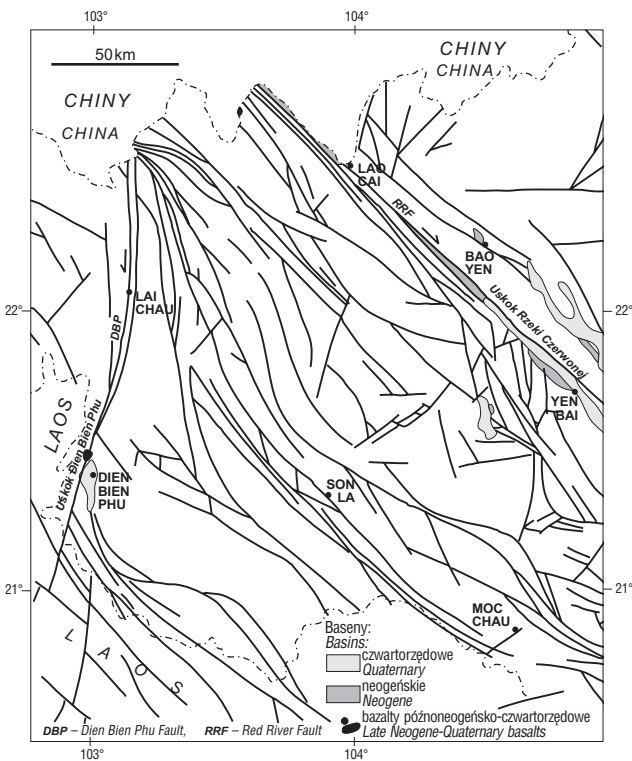
Ryc. 1. Szkic tektoniczny Azji Połud.-Wsch. (wg Wang i in., 1998)

Fig. 1. Tectonic sketch of SE Asia (based on Wang et al., 1998)

*Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Jagielloński, ul. Oleandry 2a, 30-063 Kraków; witold@ing.uj.edu.pl; michalik@ing.uj.edu.pl

**Instytut Nauk Geologicznych, Polska Akademia Nauk, ul. Senacka 1, 31-002; nqcuong_pl@yahoo.com

***Instytut Fizyki, Politechnika Śląska, ul. Krzywoustego 2, 44-100 Gliwice; bluszcz@zeus.polsl.gliwice.pl



Ryc. 2. Systemy uskokowe Dien Bien Phu i Rzeki Czerwonej (wg Tien i in., 1991)

Fig. 2. The Dien Bien Phu and Red River fault zones (based on Tien et al., 1991)

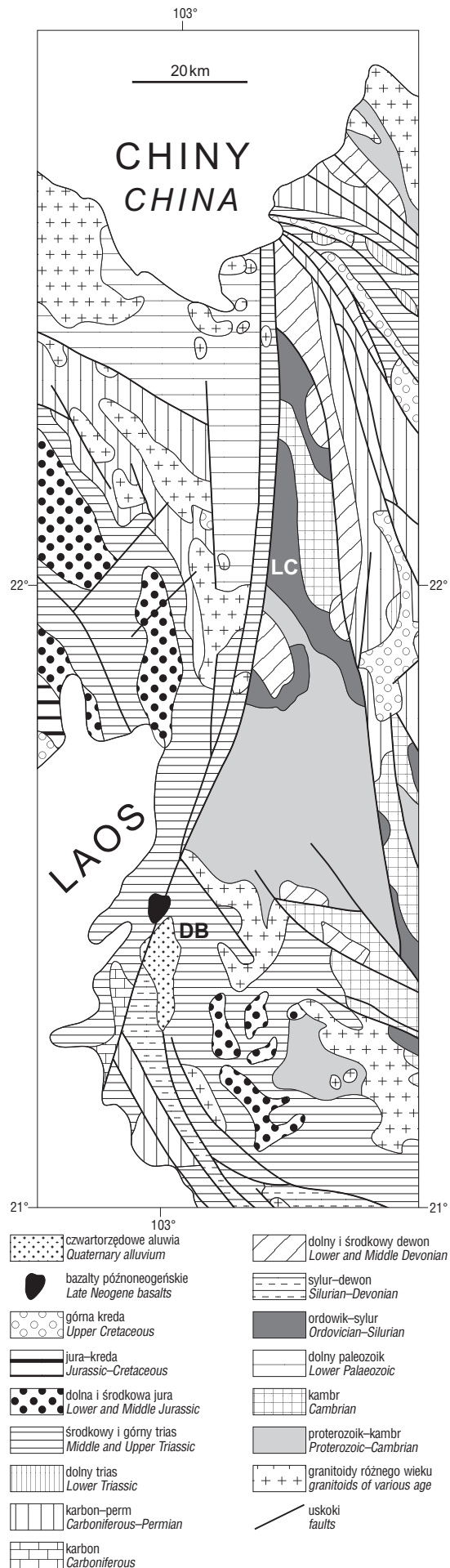
ne twory typu *red beds* wieku kredowego (Leloup i in., 1995; por. ryc. 3).

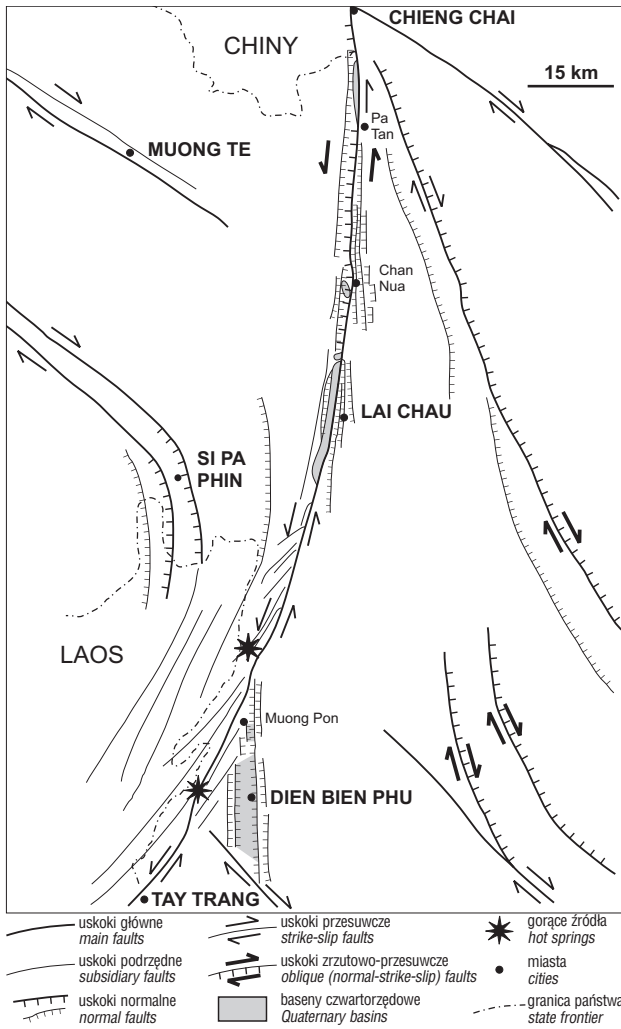
Uskok główny oraz związane z nim uskoki podrzędne mają charakter przesuwczy i zrzutowo-przesuwczy. Płaszczyzna uskoku głównego zapada 60–70° ku W w części północnej oraz do 70–80° (nawet 90°) w części południowej (Hung & Vinh, 2001). Układ wychodni mezozoiku w obu skrzydłach uskoku sugeruje przemieszczenie prawo-przesuwcze rzędu 45–50 km, zakończone we wczesnej kredzie (Leloup i in., 1995; Wemmer i in., 1999), względnie u schyłku miocenu (Kiem i in., 1999; Trinh i in., 1999; Hung & Vinh, 2001). Współcześnie uskok ten ma charakter lewoprusuwczy i normalno-lewoprusuwczy, o wznastającej ku północy składowej normalnej (Tapponnier i in., 1986; Wang i in., 1998, Hung & Vinh, 2001; por. ryc. 4).

Omawianej strefie towarzyszą (na północ od Dien Bien Phu) wychodnie pliocenich (5,4 Ma) bazaltów toleitowych (Hoang i in., 1996; Lee i in., 1998), wystąpienia źródeł termalnych, wzmożone emanacje radonu, metanu i dwutlenku węgla (Hung & Vinh, 2001), a także najsilniejsze w Wietnamie wstrząsy sejsmiczne o Ms = 5–6 (magnituda powierzchniowa), przeciętnie 5,1 (1935 r.; Ms = 6,8), o przesuwczym mechanizmie ogniska (por. Trieu i in. 1999; ryc. 5). Ostatnie wstrząsy miały miejsce 19.02.2001 na południe od Dien Bien Phu (Ms 5,3; I = 7°) oraz 3.04.2001 na NW od Lai Chau (Ms 4,9; głębokość ogniska 8 km). Pierwszy wstrząs spowodował niewielkie zniszczenia budynków w zachodniej części basenu Dien Bien Phu, a układ szczelin w spękanych ścianach wskazywał na południkową orientację największego naprężenia poziomego.

Ryc. 3. Mapa geologiczna strefy uskoku Dien Bien Phu (wg Tien i in., 1991; uproszczone); LC — Lai Chau, DB — Dien Bien Phu

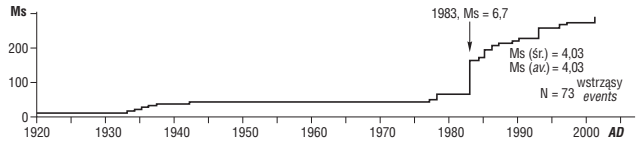
Fig. 3. Geological map of the Dien Bien Phu fault system (based on Tien et al., 1991; simplified)





Ryc. 4. Szkic strukturalny strefy uskoku Dien Bien Phu (wg Hung & Vinh, 2001; uproszczone)

Fig. 4. Structural sketch of the Dien Bien Phu fault zone (after Hung & Vinh, 2001; simplified)



Ryc. 5. Diagram kumulacyjny magnitud wstrząsów sejsmicznych w strefie uskoku Dien Bien Phu (wg danych Trieu, 2001)

Fig. 5. Total seismic energy release in the Dien Bien Phu fault zone, exemplified by cumulative surface magnitudes of historical earthquakes (based on data listed in Trieu, 2001)

meo, zbieżną z NNE orientacją uskoku sinistralnego. Drugi wstrząs przyczynił się do powstania nowych osuwisk i splotów rumoszowych w rejonie Lai Chau.

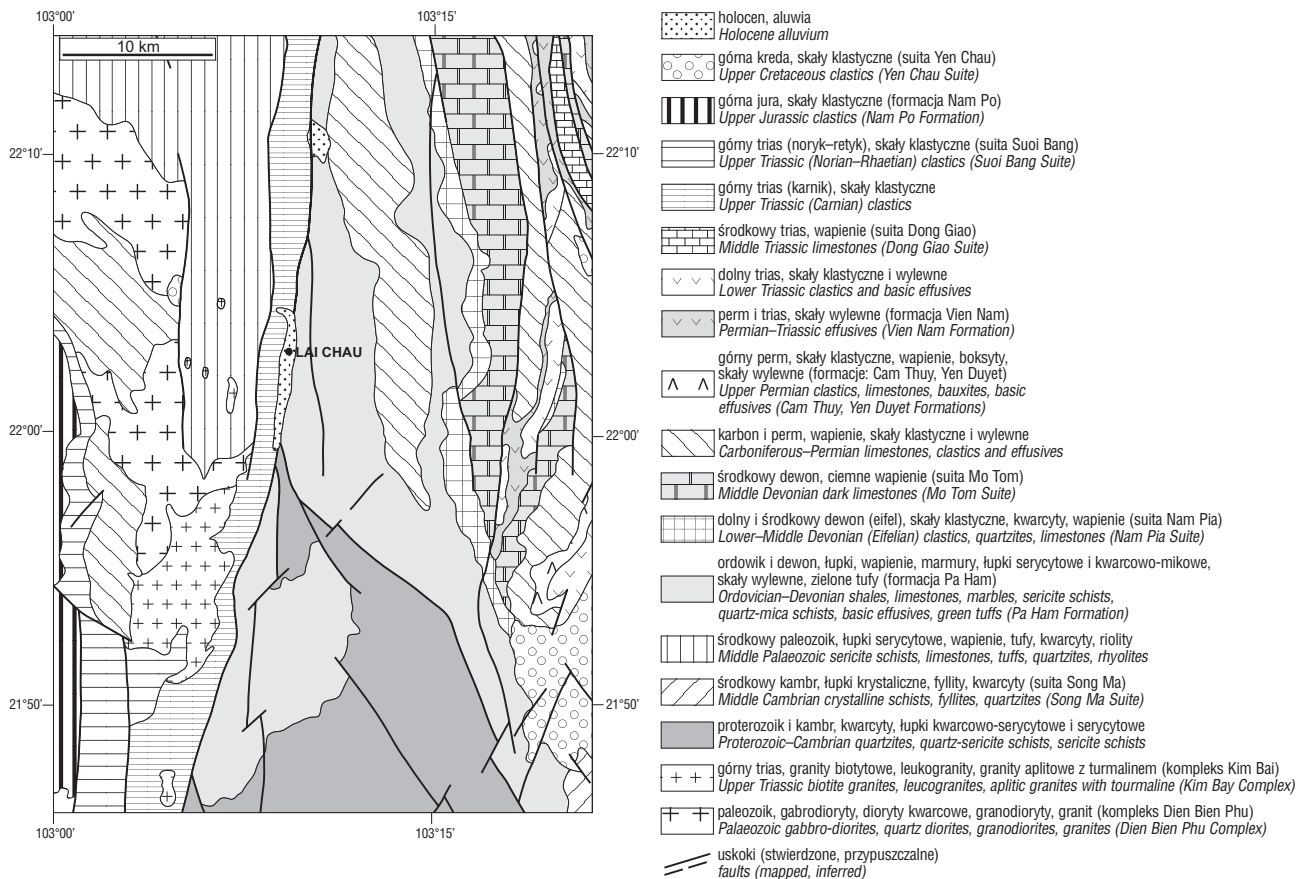
Sytuacja morfotektoniczna

Minimalne rozmiary przemieszczeń lewoprzesuwczych wzdłuż DBP szacowano na 250–800 m (Trinh i in., 1993) do ponad 2 km (Hung & Vinh, 2001); obserwacje



Ryc. 6. Uproszczona mapa geologiczna rejonu Lai Chau (wg My i in., 1978 oraz Tuyet i in., 1978)

Fig. 6. Simplified geological map of the Lai Chau area (based on My et al., 1978, and Tuyet et al., 1978)



morfotektoniczne autorów sugerują wielkości zmieniające się w różnych segmentach uskoku od 6–8 do 20–50 m w holocenie do 2–2,5 km w środkowym i późnym plejstocenie (Zuchiewicz & Cuong, 2002). O młodych ruchach przesuwczych świadczą: defleksja i przemieszczenie uskokowe sieci drenażu, liczne grzbiety typu *shutter ridges* oraz zdyslokowane tarasy i stożki napływowe; natomiast na obecność składowej normalnej wskazują skarpy uskokowe z dobrze zachowanymi licami progów uskokowych (*triangular facets*), młode, niewielkie skarpy uskokowe typu *basal scarplets* (Dien Bien Phu), wysoko wzniesione tarasy skalne w odcinkach przełomowych (m.in. na północ od Lai Chau), czy też zawieszane wyloty dolin bocznych oraz wysokie i niewyrównane spadki koryt dopływów rzek lokujących się w strefie uskokowej.

Osady czwartorzędowe w basenach typu *pull-apart*

Wzdłuż uskoku Dien Bien Phu występuje 5 basenów czwartorzędowych (od północy: Pa Tan, Chan-Nua, Lai Chau, Muong Pon oraz Dien Bien Phu), z których największe (Lai Chau i Dien Bien Phu) były przedmiotem badań szczegółowych (ryc. 4). Miąższości osadów czwartorzędowych nie przekraczają (oprócz basenu Dien Bien Phu) kilku-kilkunastu metrów.

Kotlina Lai Chau (200–210 m n.p.m.), usytuowana wzdłuż południkowo zorientowanych dolin rzek Nam Na i Nam Lay, uchodzących — odpowiednio — od północy i południa do rzeki Da, reprezentuje wąski (ok. 10 km długości i 0,5–1 km szerokości) basen typu *pull-apart*, obramowany przez uskoki lewoprzesuwczo-normalne (ryc. 6–8). Wysokości tarasów skalnych i skalno-osadowych zachowanych na zboczach dolin wynoszą: 2, 4, 12–13, 23, 36, 50, 60 m (Nam Na), 2, 12, 18, 24, 34–40, 60, 80, 130–135 m (Song Da) oraz 1, 3, 8, 17–19, 25–26 m (Nam Lay).

Budowę wewnętrzną tarasów średnich ujawnia sztuczne odsłonięcie w rejonie mostu Muong Te na prawym zboczu rzeki Nam Na (ryc. 7, 9), na północ od jej ujścia do rzeki Da (Song Da). Odsłaniają się tutaj utwory rzeczne i stokowe budujące tarasy 15 m i 23 m (ryc. 9, 10). Przeprowadzono analizę sedymentologiczną wymienionych osadów, a dla próbek utworów piaszczystych wykonano oznaczenia wieku metodą OSL-SAR (luminescencja stymulowana optycznie; technika odtworzeniowa pojedynczych ziaren; por. tab. 1) oraz przeanalizowano skład minerałów ciężkich.

Minerały ciężkie wydzielano ze 120 g frakcji >0,039 mm, stosując tradycyjną metodę cieczy ciężkich (bromoform o gęstości 2,9 g/cm³). Identyfikację przeprowadzono przy użyciu polaryzacyjnego mikroskopu optycznego w świetle przechodzącym, oceniając skład 500–800 ziarn z każdej z próbek przygotowanych w formie preparatów proszkowych zatopionych w balsamie kanadyjskim. Udział minerałów ciężkich we frakcjach >0,039 mm zmienia się od 1,9 do 3,0% wag. Ocena ilościowa udziału poszczególnych składników jest utrudniona z powodu silnie zaawansowanych procesów rozpuszczania minerałów, zastępowania minerałów tlenkami Ti i Fe, a także przesycań lub pokrywania tymi tlenkami minerałów skałotwórczych. Przeprowadzono ponadto badania składu mineralnego w spektrometrze dyspersji energii (SEM-EDS) oraz analizie dyfrakcyjną rentgenowską. W składzie mineralnym badanych próbek, oprócz kwarcu występują plagioklasy i skalenie potasowe oraz minerały ilaste (miki, chloryt); podrzędnie pojawiają się też amfibole. Wyniki analiz dyfrakcyjnych wskazują na względnie wysoki udział kwarcu, podczas gdy w obserwacjach makroskopowych udział kwarcu jest znikomy.

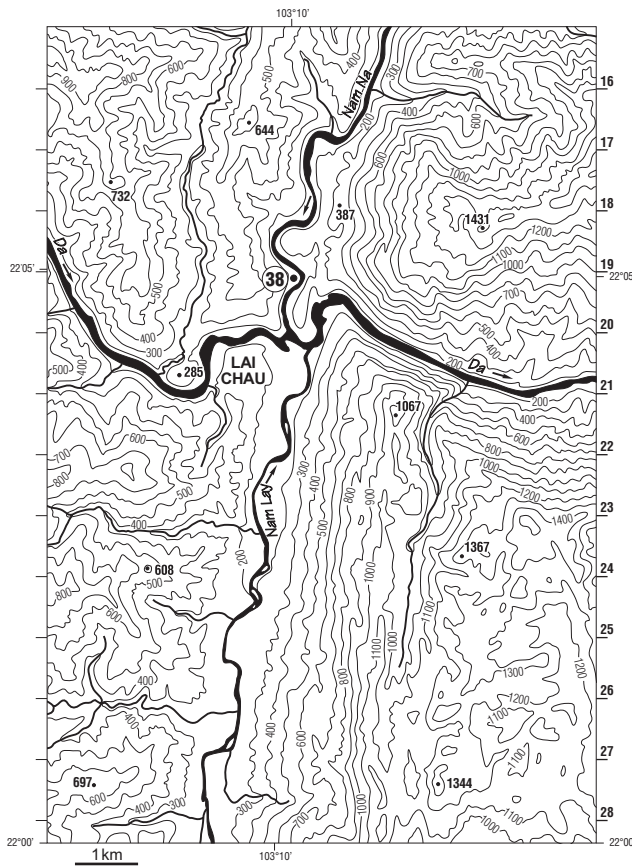
W **tarasie niższym (15 m)**, na nierównym cokole skalnym o wys. 2–2,5 m spoczywa 3 m warstwa średnio obtoczonych otoczków frakcji 2–5 do 10–25 cm, przykryta przez 2,2 m warstwę dwudzielnych piasków drobnoziarnistych.

Tab. 1. Oznaczenia wieku metodą OSL-SAR osadów czwartorzędowych w strefie uskoku Dien Bien Phu (ozn. A. Bluszcz)
Table 1. OSL-SAR age determination of Quaternary sediments in the Dien Phu fault zone (det. by A. Bluszcz)

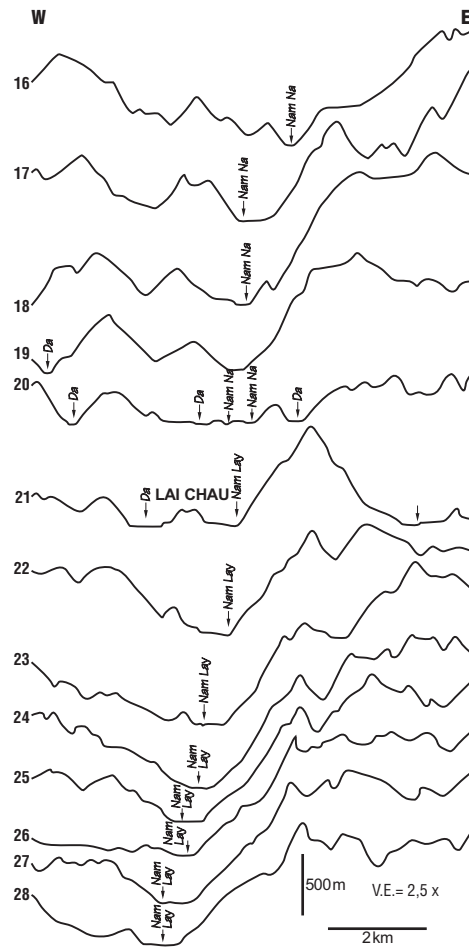
Nr próbki	DB-38/1a	DB-38/2a	DB-38/4a	DB-38/5a	DB-78a	DB-78b	DB-78c	DB-108a
Nr laboratoryjny	GdTL-638	GdTL-639	GdTL-636	GdTL-635	GdTL-641	GdTL-640	GdTL-637	GdTL-643
Minerał	kwarc	kwarc	kwarc	kwarc	kwarc	kwarc	kwarc	kwarc
Frakcja [μm]	90-125	90-125	90-125	90-125	125-200	125-200	90-125	125-200
Aktywność [Bq/kg]								
Th-232	55,95±0,64	67,44±0,84	123,92±1,30	103,04±1,12	37,65±0,59	101,92±1,28	45,57±0,67	84,30±1,02
U-238	35,54±0,45	40,21±0,58	66,99±0,77	60,15±0,72	29,73±0,51	81,55±1,08	26,91±0,49	51,78±0,78
K-40	917,9±23,5	979,1±25,4	886,3±22,8	947,2±24,3	904,8±23,8	779,5±21,2	643,5±17,3	850,2±22,3
Moc dawki efektywnej [Gy/ka]								
α	0,125±0,023	0,147±0,027	0,261±0,049	0,223±0,042	0,061±0,011	0,166±0,030	0,099±0,018	0,125±0,023
β	2,619±0,153	2,853±0,164	3,174±0,157	3,141±0,164	2,390±0,147	2,885±0,140	1,885±0,109	2,689±0,143
γ	1,544±0,051	1,747±0,058	2,496±0,083	2,263±0,074	1,294±0,045	2,307±0,074	1,166±0,039	1,927±0,063
promieniowanie kosmiczne	0,087±0,009	0,088±0,009	0,102±0,010	0,108±0,011	0,134±0,013	0,175±0,018	0,152±0,015	0,184±0,018
całkowita	4,374±0,163	4,835±0,176	6,033±0,185	5,736±0,185	3,879±0,155	5,533±0,162	3,302±0,118	4,925±0,159
Dawka równoważna ED [Gy]	80,7±1,8	133,65±0,85	85,9±2,3	77,2±5,8	1,01±0,20	5,50±1,7	22,7±2,4	1,64±0,68
Wiek [ka]	18,45±0,81	27,6±1,1	14,24±0,59	13,4±1,2	0,26±0,068	0,99±0,31	6,88±0,76	0,28±0,14
min.	-	23	7,5	-	-	-	-	-
max.	34	34	26	45	1,8	2,7	22	6,5
Rozrzut wyników	duży	umiarkowany	duży	bardzo duży	duży	duży	bardzo duży	znaczny

nistych oraz ok. 10 m miąższości warstwę żółtych glin pylastych z dwoma czerwonymi poziomami wietrzeniowymi (grubości 20–30 cm) w stropie. Spagowa część warstwy piaszczystej reprezentuje piaski drobnoziarniste, wyższa — piaski gliniaste, o wartościach graficznej przeciętnej

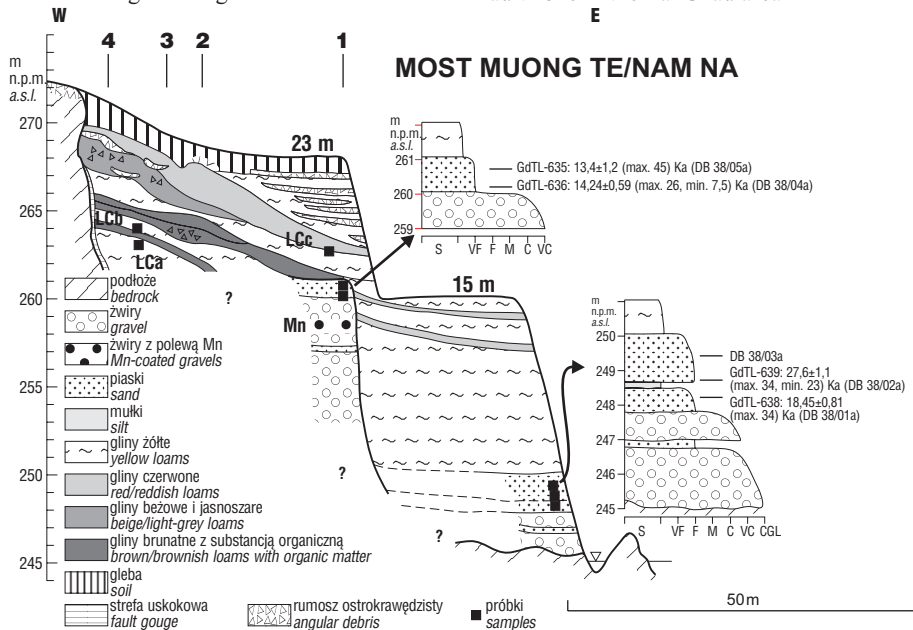
średnicy (Mz) 2,33–3,7φ i graficznych odchyleniach standardowych σ_1 1,91–1,99 φ (ryc. 11). Wyszortowanie



Ryc. 7. Szkic topograficzny strefy uskoku Dien Bien Phu w rejonie Lai Chau; 38 — stanowisko most Muong Te
Fig. 7. Topographic sketch of the Dien Bien Phu fault zone in the Lai Chau area; 38 — site Muong Te bridge

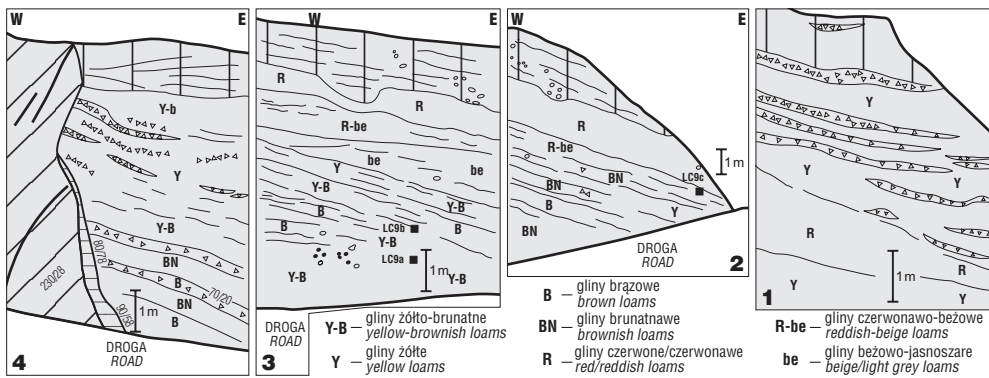


Ryc. 8. Przekroje topograficzne co 1 km przez strefę uskoku Dien Bien Phu w rejonie Lai Chau
Fig. 8. Topographic profiles drawn every 1 km across the DBP fault zone in the Lai Chau area



Ryc. 9. Stanowisko most Muong Te nad rzeką Nam Na, na północ od Lai Chau; 1–4: szczegóły budowy pokrywy stokowej przedstawione na ryc. 10

Fig. 9. Site Muong Te bridge on the Nam Na river, north of Lai Chau; 1–4: details of the slope cover redrawn from photographs, shown in Fig. 10



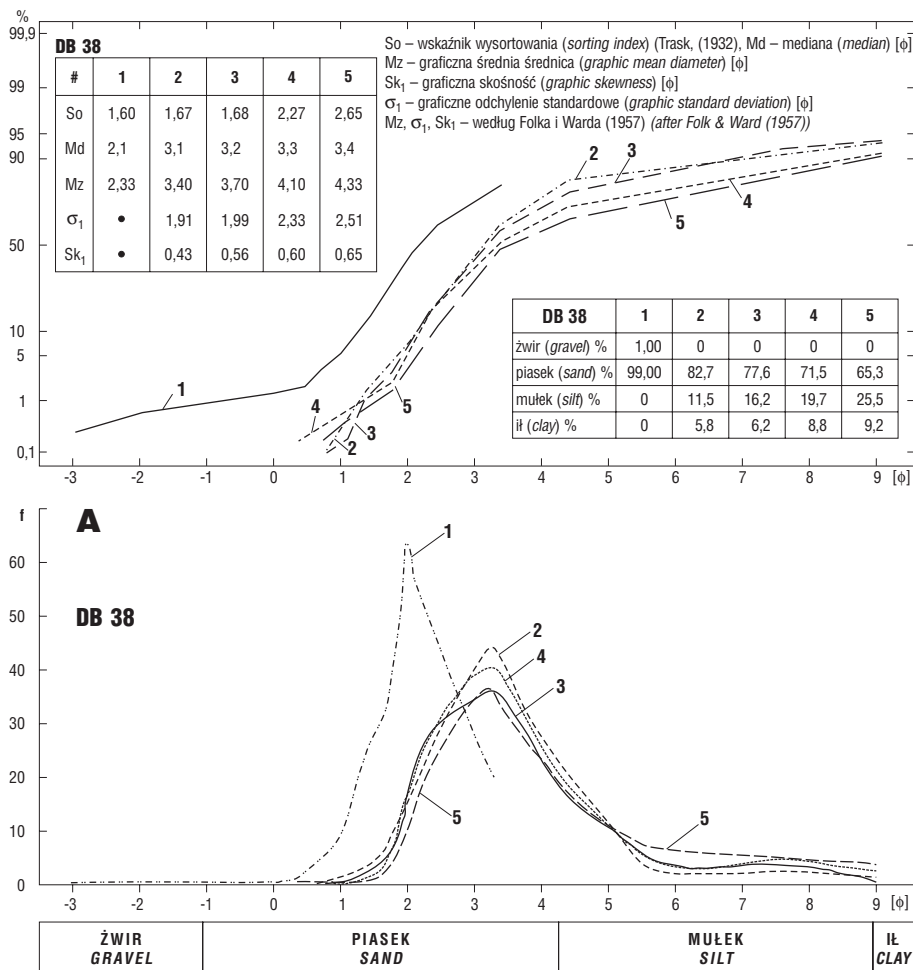
Ryc. 10. Szczegóły budowy pokryw stokowych w rejonie mostu Muong Te (rysunki z fotografii)
Fig. 10. Details of the slope cover at Muong Te bridge, drawn from photographs

piasków facji pozakorytovej tarasu 15 m jest zatem średnie. W składzie minerałów ciężkich (ozn. M. Michalik; por. ryc. 12) dominują minerały nieprzeźroczyste (47–51%) oraz amfibole (29–38,5%), biotyty (2,2–8,2%), cyrkonie (1,1–7,5%) i epidoty (3,6–2,8%). Daty OSL-SAR próbek pobranych z piasków facji pozakorytovej (GdTL-638, 639) wskazują na wieki 18–27 ka (maks. 34 ka; por. tab. 1).

Natomiast taras wyższy (23 m) jest zbudowany z ponad 7 m grubości dwudzielnych żwirów o średnicy 2–3 do 8–15 (25) cm, przykrytych 1 m warstwą piasku gliniastego oraz 8–12 m grubości pokrywą utworów stokowych (ryc. 9, 10). Piaski gliniaste odznaczają się wartościami Mz 4,10–4,33 oraz σ_1 rzędu 2,33–2,51, wskazującymi na bardzo słabe wysortowanie (ryc. 11). W składzie minerałów ciężkich zdecydowanie domi-

nują minerały nieprzeźroczyste (69–80%) oraz amfibole (11–5%), cyrkonie (7,7–2%), biotyty (6,8–7,9%) i epidoty (2,2–2,8%; ryc. 12). Daty OSL-SAR wymienionych piasków wykazują na znaczny rozrzut wyników i wieki 13–14 ka (maks. 26–45 ka, min. 7,5 ka; por. tab. 1).

W obrębie obu serii osadów rzecznych zaznacza się tendencja do zmniejszania się średnicy ziarna ku stropowi profilu, od średnioobtoczonych żwirów polimiktycznych (zdominowanych przez skały o różnym stopniu zaawansowania metamorfizmu) facji korytowej do średnio- i drobnoziarnistych piasków, o wysortowaniu od średniego (seria dolna) do bardzo słabego (seria górna) facji pozakorytovej. Strop obu sekwencji wieńczy kilkumetrowej miąższości serie glin stokowych.



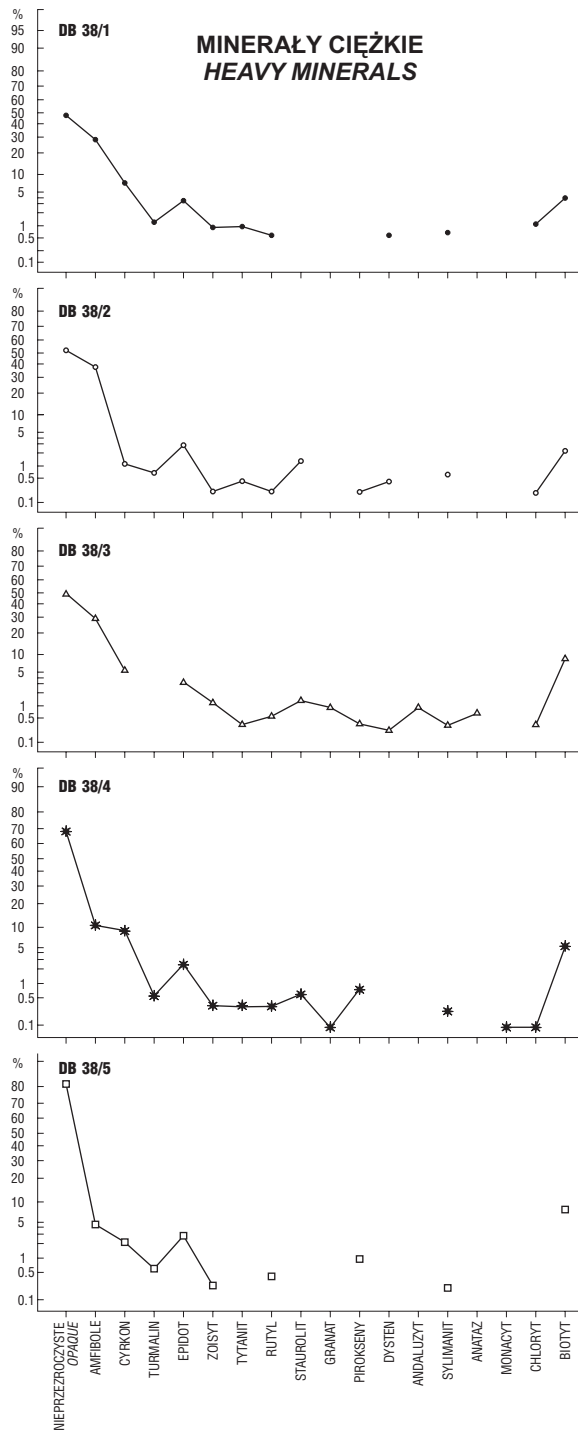
Ryc. 11. Krzywe uziarnienia osadów rzecznych w stanowisku most Muong Te; A — krzywe częstości uziarnienia
Fig. 11. Grain-size curves of fluvial sediments exposed at Muong Te bridge; A — grain size frequency curves

Zróźnicowanie składu minerałów ciężkich piasków facji pozakorytovej polega na różnych proporcjach poszczególnych składników: minerałów nieprzeźroczystych, amfiboli i cyrkonów. Może się ono wiązać ze zróźnicowaniem dostawy materiału klastycznego, uziarnieniem osadu oraz różnym stopniem zaawansowania rozpuszczania minerałów maficznych. Minerale nieprzeźroczyste wskazują na dostawę z maficznych skał wulkanicznych (chromity), skał metamorficznych (amfibole, zoisyt, granaty, staurolit, syllimanit) oraz wielokrotnie redeponowanych skał wulkanicznych, głębinyowych, gnejsów i/lub

starszych skał osadowych (cyrkony). Skład próbek wyjściowych (duży udział skaleni, chloryty) oraz frakcji ciężkich (amfibole) wskazują, że materiał nie był poddany długotrwałemu wietrzeniu chemicznemu.

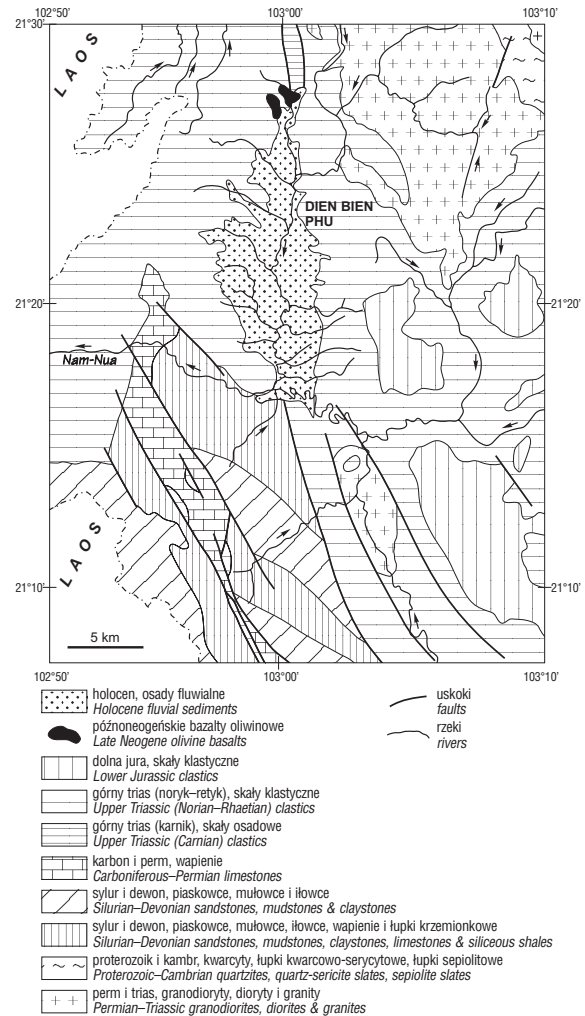
Nadległa pokrywa osadów stokowych reprezentuje żółte gliny pylasto-piaszczyste w części spągowej, przykryte przez brunatne gliny z substancją organiczną, gliny beżowożółte oraz czerwone gliny laterytowe, przykryte przez 1,5–2 m grubości poziom gleby współczesnej (ryc. 10). W obrębie spągowej części omawianych glin występują trzy nieregularne soczwy (20–25 cm grub.) ostrokrawędzistego rumoszu piaskowców i łupków triasowych, natomiast w części wyższej, bardziej dystalnej, liczba wkładek rumoszu wzrasta do sześciu. Rozmiary pojedynczych, ostrokrawędzistych klastów sięgają 16–21 cm średnicy. W obrębie deluwialnych glin stokowych, poniżej gleby współczesnej, występuje także kilka poziomów gleb kopalnych, częściowo zerodowanych (ryc. 9, 10).

Utwory facji korytovej obu stopni tarasowych zostały zdeponowane przypuszczalnie w okresie poprzedzającym 23–26 ka, a ich obecne położenie jest efektem zrzutu wzdłuż uskoku normalnego, równoległego do biegu rzeki Nam Na. Wiek uskoku miał najprawdopodobniej miejsce w okresie następującym po dacie 13 ka. Potwierdza to uskokuwy charakter kontaktu pokrywy stokowej ze skałami podłoża (170/78E do 170/58E), o wyraźnych cechach usko-



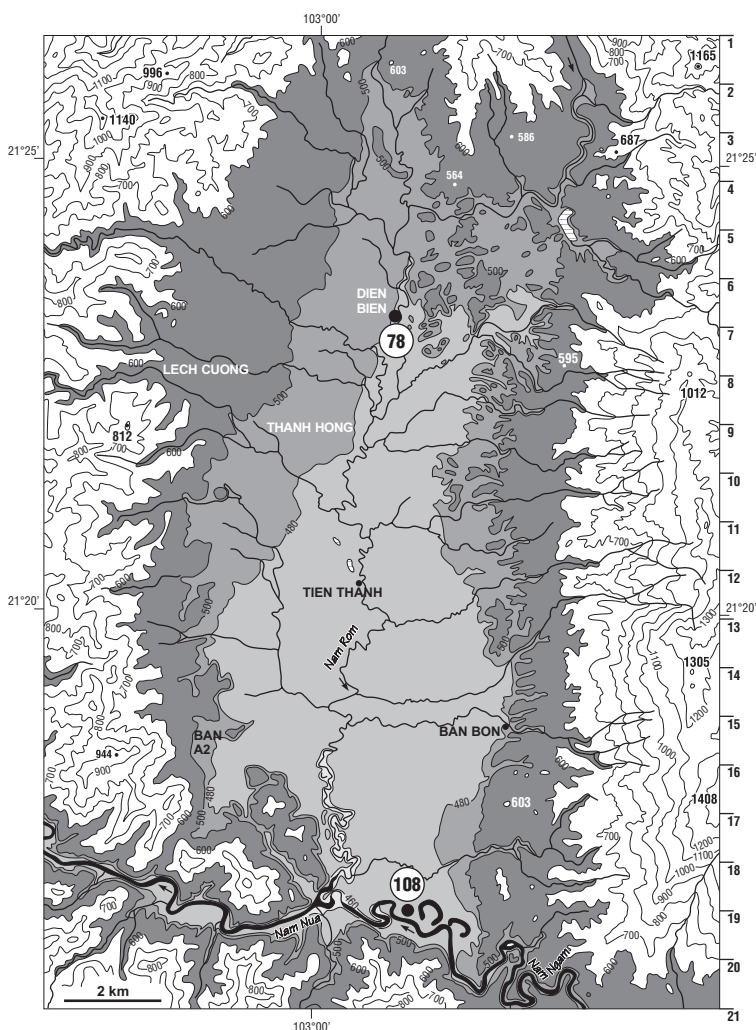
Ryc. 12. Skład minerałów ciężkich w osadach rzecznych w stanowisku most Muong Te (ozn. M. Michalik)

Fig. 12. Heavy mineral composition of fluvial sediments at Muong Te bridge (det. M. Michalik)



Ryc. 13. Uproszczona mapa geologiczna rejonu Dien Bien Phu (wg Tuyet i in., 1978; Son, 1978)

Fig. 13. Simplified geological map of the Dien Bien Phu area (based on Tuyet et al., 1978; Son, 1978)



Ryc. 14. Szkic topograficzny kotliny Dien Bien Phu; 78, 108 — stanowiska Dien Bien Phu i Ban En

Fig. 14. Topographic sketch of the Dien Bien Phu Basin; 78, 108 — sites Dien Bien Phu and Ban En

ku normalnego, któremu towarzyszy 0,3–0,35 m szerokości strefa uskokuwa typu *fault gouge* (ryc. 9). Budowa pokrywy stokowej wskazuje ponadto na przynajmniej dwa etapy formowania klinów koluwalnych (po 14–13 ka), związane — być może — z epizodami paleosejsmicznymi.

Interpretacja alternatywna zakłada obecność dwóch odrębnych stopni tarasowych (23 m, 15 m). Może za tym przemawiać występowanie podobnej sekwencji tarasów kilka kilometrów na północ od mostu Muong Te, ale na lewym, meandrowym zakolu doliny Nam Na, gdzie pojawiają się stopnie tarasowe 12–13 m (cokół 1,5 m) oraz 25 m (cokół 15 m). Należałoby jednak wówczas zakwestionować wyniki oznaczeń OSL-SAR ponieważ, biorąc pod uwagę zarówno daty minimalne, jak i maksymalne, dochodzimy do absurdalnego wniosku o młodszym wieku tarasu wyższego (13–14 ka względnie 26–45 ka; taras niższy 18–27 ka względnie 23–34 ka). W świetle dotychczasowych wyników badań i sytuacji geologicznej analizowanego stanowiska, wysoce prawdopodobnym wydaje się wniosek o zbliżonym, jeśli nie identycznym wieku pokryw rzecznych w rejonie mostu Muong Te, przemieszczonych względem siebie o 11 m w pionie. Nowych wskazówek dostarczą zapewne oznaczenia wieku próbek z wyżej leżących pokryw stokowych (LCA-c; ryc. 9).

Kotlina Dien Bien Phu (460–500 m n.p.m.) ma zarys rombu o długości 19 km i szerokości 2,4–7 km (ryc. 13, 14). Jest to również kotlina typu *pull-apart*, obramowana przez uskoki lewoprzesuwcze i normalno-lewoprzesuwcze (ryc. 4). Dno kotliny nachyla się łagodnie ku części środkowej i południowej, odwadnianej przez południkowo zorientowane koryto silnie meandrującej rzeki Nam Rom (ryc. 14, 15). Miąższość czwartorzędowych osadów rzecznych wynosi przeciętnie 10–15 m, osadów deluwialno-proluwialnych 12–15 m, a eluwialno-deluwialnych 8–10 m (Dy i in., 1999). Maksymalna miąższość osadów czwartorzędowych, nawierconych bezpośrednio na zachód od miejscowości Dien Bien wynosi ok. 130 m (Dy i in., 1999). Dno kotliny zajmują holocenijskie tarasy zalewowy i nadzalewowy (1–2 m, 5–6 m); często jednak (zwłaszcza w części zachodniej) odsłania się podłoże zbudowane z klastycznych skał noryku i retyku z kilkumetrową pokrywą zwietrzliny laterytowej. Na obu obramowaniach kotliny pojawiają się natomiast trzy półki tarasów późno- i środkowoplejstocenijskich (do 30–40 m wys. względnej).

Gruboklastyczne osady stożków napływowych z ostatniego piętra chłodnego na wschodnim obramowaniu basenu są splekane, a orientacja splekanych głazików nawiązuje do orientacji uskoku Dien Bien Phu (N20°E). Młode, normalne skarpy uskokowe (typu *basal scarplets*) występują natomiast na NW obramowaniu kotliny, osiągając wysokość 4–5 m.

Analizowano osady tarasów holocenijskich na lewym brzegu Nam Rom w mieście Dien Bien Phu, w północnej części basenu oraz na prawym brzegu rzeki Nam Ngam w Ban En, na obramowaniu południowym (ryc. 14, 16).

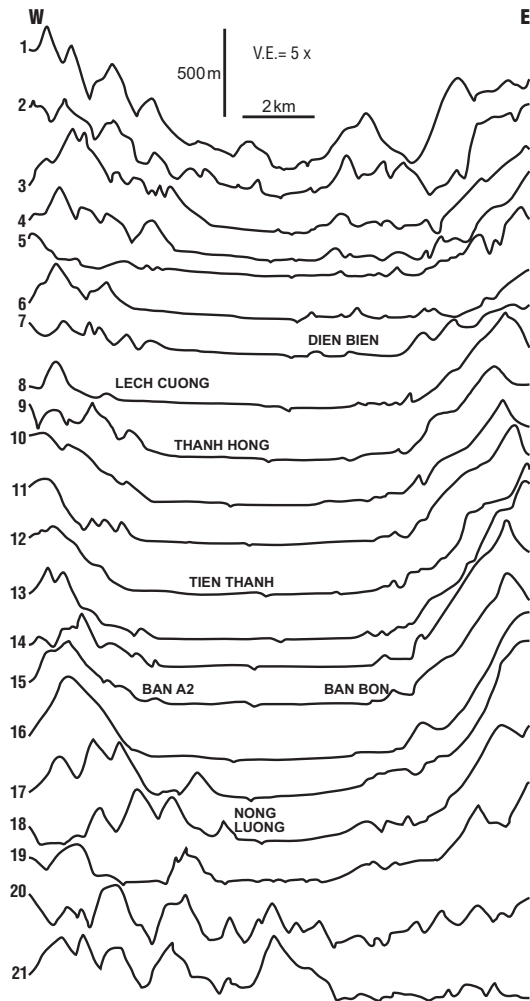
Taras 5,5 m oraz 3 m w DBP mają charakter tarasów osadowych włożonych, zbudowanych z piasków średnioziarnistych, przykrytych przez piaski gliniaste i mady pylaste (ryc. 16). W pokrywie tarasu wyższego, 3 m grubości rdzawe, średnio wysortowane piaski gliniaste ($M_z = 3,83$, $\sigma_1 = 1,40$) leżą na żwirach o średnicy 0,5–2 cm do 5–7 cm, średnio i słabo obtoczonych (ryc. 17). Data OSL-SAR tych utworów wskazuje na wiek $6,88 \pm 0,99$ (maks. 22) ka (tab. 1). W obrębie pokrywy tarasu 3 m, na 2,3 m grubości piaskach średnioziarnistych ($M_z = 1,80$, $\sigma_1 = 1,19$), słabo wysortowanych, leżą bardzo słabo wysortowane jasnoszare mułki ($M_z = 6,67$). Daty OSL-SAR mieszczą się w przedziale 0,26–0,99 (maks. 1,8–2,7) ka, wskazując na późny holocen.

W rejonie **Ban En** rozległe dno basenu zajmuje taras 4–5 m, wznoszący się nad tarasami 1 m i 2 m (ryc. 14, 16). Strop utworów poziomy 4–5 m budują szarobrunatne iły pylaste ($M_z = 8,03$), bardzo słabo wysortowane, datowane (1,2 m poniżej stropu) na $0,28 \pm 0,14$ (maks. 6,5) ka (ryc. 17, tab. 1).

Zasadniczy etap aluwacji dna basenu Dien Bien miał zatem miejsce w środkowym holocenie, kiedy została osadzona pokrywa tarasu 4–5 m. Niższe stopnie tarasowe tworzyły się w młodszej fazie subatlantycznej i niemal współcześnie.

Dyskusja

Uskoki lewoprzesuwcze i normalno-lewoprzesuwcze obramowujące baseny typu *pull-apart* w południowej części kotliny Dien Bien Phu ujawniają (minimalne szacowane) tempo ruchów przesuwczych, zmieniające się — wnosząc z przemieszczenia sieci drenażu — od 0,6 do 2 mm/rok w holocenie i 2–4 mm/rok w środkowym i późnym plejstocenie. Prędkość wypiętrzania badanego obszaru w



Ryc. 15. Przekroje topograficzne co 1 km przez basen Dien Bien Phu

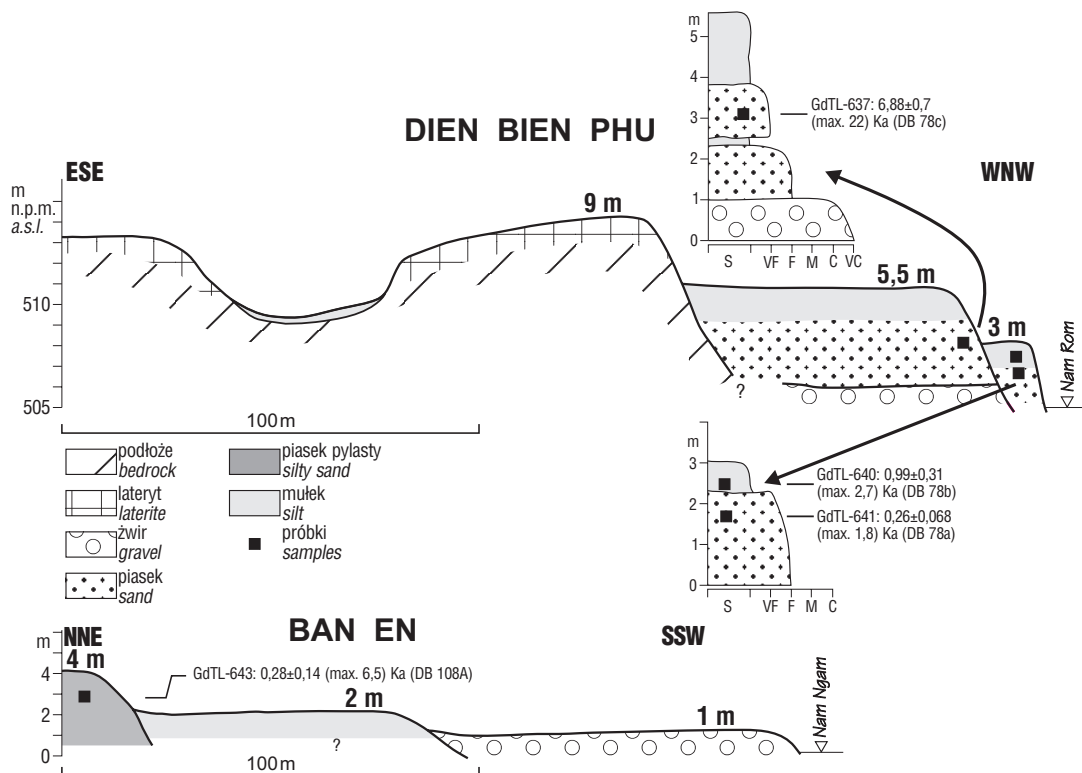
Fig. 15. Topographic profiles drawn every 1 km across the Dien Bien Phu Basin

holocenie wzrastała ku północy: od 0,4–0,6 mm/rok na zachód od Dien Bien Phu (młode skarpki uskokowe) do 1 mm/rok na północ od Lai Chau (zuskokowane tarasy). Średnie tempo wypiętrzania czwartorzędowego jest trudne do oszacowania; przekraczało ono niewątpliwie wartość 0,05 mm/rok. Nieliczne dane geodezyjne (por. Viet, 2001) sugerują prędkości ok. 1 mm rocznie na wschód od DBP.

Wnioski

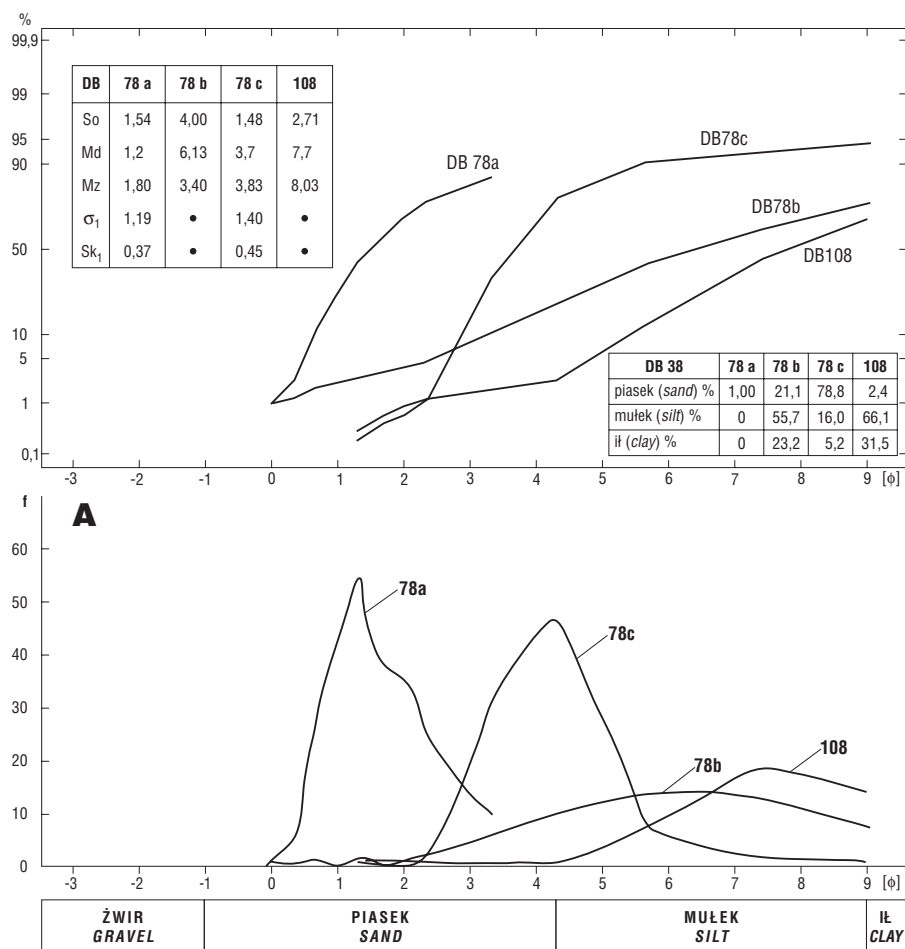
Powyzsze obserwacje wskazują na młody wiek basenów *pull-apart* utworzonych w strefie aktywnego uskoku lewoprzesuwczego, szybko zapełnianych niedojrzałym materiałem. W trakcie depozycji osadów miały miejsce epizody uskokowania związane z wstrząsami sejsmicznymi, udokumentowanymi dla późnego glacjału ostatniego piętra chłodnego oraz współcześnie. Procesy sejsmotektoniczne, w połączeniu z wylesieniem obszaru w ostatnich 30 latach w warunkach klimatu monsunowego i obecnością pokryw zwietrzelinowych grubości 25–30 m sprzyjają intensywnemu rozwojowi osuwisk oraz spływów gruzowo-błotnych i mułowych, szczególnie katastrofalnych w ostatnim dwudziestoleciu w rejonie Lai Chau.

Badania zostały sfinansowane z grantu KBN nr 6 PO4E 026 18 (dla W. Zuchewicza). Autorzy składają podziękowanie dr Leszce Chudzikiewiczowi (ING PAN) za komputerową obróbkę rycin oraz prof. Jerzemu Głazkowi za cenne uwagi odnośnie wstępnej wersji pracy.



Ryc. 16. Osady rzeczne w dnie kotliny Dien Bien Phu w mieście Dien Bien oraz w Ban En

Fig. 16. Fluvial sediments in the Dien Bien Phu Basin floor at Dien Bien Phu city and Ban En



Ryc. 17. Krzywe uziarnienia osadów rzecznych w kotlinie Dien Bien Phu (78 — Dien Bien Phu, 108 — Ban En); A — krzywe częstości uziarnienia; pozostałe objaśnienia por. ryc. 11

Fig. 17. Grain-size curves of fluvial sediments at Dien Bien (78) and Ban En (108); A — grain size frequency curves; for other explanations see Fig. 11

Literatura

CUONG N. Q. & ZUCHIEWICZ W. 2001 — Morphotectonic properties of the Lo River Fault near Tam Dao in North Vietnam. *Natural Hazards and Earth System Sc.*, 1: 15–22.

DY N. D., TU D. V., THUAN D. V. & TAN M. T. 1999 — Relationship between Quaternary sedimentation and landslide-mudflow formation in NW Vietnam. *J. Geol.*, Ser. B, 13–14: 256–261.

HOANG N., FLOWER M. F. J. & HUAN P. T. 1996 — Petrology of Late Cenozoic basalts in Vietnam. *Geol. Natur. Res.*, 1: 156–166.

HUNG N. V. & VINH H. Q. 2001 — Moving characteristics of the Lai Chau - Dien Bien fault zone during Cenozoic. *J. Geol.*, Ser. B, 17–18: 65–7.

KIEM D. D., QUY H. H., TUYET D. & VAN T. T. 1999 — Some tectonic-structural characteristics of NW Vietnam. *J. Geol.*, Ser. B, 13–14: 96–106.

LEE T. Y., LO C. H., CHUNG S. L., CHEN C. Y., WANG P. L., LIU W. P., HOANG N., CHI C. T. & YEM N. T. 1998 — $^{40}\text{K}/^{39}\text{Ar}$ dating result of Neogene basalts in Vietnam and its tectonic implication. [W:] M. Flower (ed.), *Mantle dynamics and plate interactions in East Asia*. *Geodynamics*, 27: 317–330.

LELOUP P. H., LACASSIN R., TAPPONNIER P., SCHAERER U., DALAI Zh., XIAOHAN L., LIANGSHAN Zh., SHAOCHENG J. & TRINH P. T. 1995 — The Ailao Shan — Red River shear zone (Yunnan, China), Tertiary transform boundary of Indochina. *Tectonophysics*, 251: 3–84.

MY B. P., KY P. V., HOANH N. V. & TUYET T. D. 1978 — Geological map of the Socialist Republic of Vietnam 1 : 200,000, sheet Lao Cai (F-48-XIV). General Geological Directorate, Geological Survey Inter-Group, Hanoi.

SON Ph. 1978 — Geological map of the Socialist Republic of Vietnam 1 : 200,000, sheet Son La (F-48-XXVI). General Geological Directorate, Geological Survey Inter-Group, Hanoi.

TAPPONNIER P., LACASSIN R., LELOUP P. H., SCHAERER U., ZHONG D., HAIWEI W., LIU X., JI S., ZHANG L. & ZHONG J. 1990 — The Ailao Shan/Red River metamorphic belt: Tertiary left-lateral shear between Indochina and South China. *Nature*, 343: 431–437.

TAPPONNIER P., PELZER G. & ARMIGO R. 1986 — On the mechanics of the collision between India and Asia. [W:] M. Coward (ed.), *Collision Tectonics*. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 19: 115–157.

TIEN P. C. i in. 1991 — Geological map of Cambodia, Laos, and Vietnam, 1 : 1,000,000. The Geol. Surv. Vietnam, Hanoi.

TRIEU C. D. 2001 — The Thin Toc Ms 5.3 earthquake in the 19 February 2001. *Geology A*, 264, 5–6: 1–14.

TRIEU C. D., XUAN N. T., THANG N. C., DUNG L. V. & TUYEN N. H. 1999 — Seismic hazard assessment in Tay Bac region, Vietnam. *J. Geol.*, Ser. B, 13–14: 163–173.

TRINH P. T. i in. 1999 — Active tectonics and seismic hazard in Son La hydropower dam (North Vietnam). *J. Geol.*, Ser. B, 13–14: 19–32.

TRINH P. T., LACASSIN R., TAPPONNIER P., LELOUP P. H. & YEM N. T. 1993 — Evidence for active strike-slip movements in Northwestern Vietnam. *Terra Abstracts, Suppl. 1 to Terra Nova*, 5: 265.

TUYET T. D., HOI N. V., HUNG N. B. & THONG A. V. 1978 — Geological map of the Socialist Republic of Vietnam 1 : 200,000, sheet Dien Bien Phu (F-48-XX). General Geological Directorate, Geological Survey Inter-Group, Hanoi.

VIET L. T. 2001 — About neotectonic and geodynamic regime of Northern Vietnam in Cenozoic. *J. Sc. Earth*, 23 : 390–395.

WANG E., BURCHFIELD B. C., ROYDEN L. H., LIANGZHONG C., JISHEN C., WENXIN L. & ZHILIANG C. 1998 — Late Cenozoic Xianshuihe-Xiaojiang, Red River, and Dali fault systems of Southwestern Sichuan and Central Yunnan, China. *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.*, 327: 1–108.

WEMMER K., SIEVERS H., THANG T. T. & TRINH P. T. 1999 — New hints for nappe tectonics in northern Vietnam by K/Ar dating of very low grade sediments. *J. Geol.*, Ser. B, 13–14: 107–109.

ZUCHIEWICZ W. & CUONG N. Q. 2002 — Morphotectonic and seismic properties of the Dien Bien Phu fault in Vietnam. *Proc. IGCP 430 Meeting*, Ha Long Bay City, Vietnam: 84–85.