

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr Krzysztofa Dębniaka

pt.

„A Geological Synthesis of Valles Marineris, Mars: Processes and Landforms”

1. Uwagi ogólne

Badania Marsa prowadzone przy pomocy sond kosmicznych krążących wokół planety, lądowców i łazików marsjańskich nabrały w ostatnich 15 latach dużego tempa i przyniosły wiele interesujących rezultatów. Trzy zasadnicze powody tak intensywnych studiów nad Marsem to: (i) próba odtworzenia jego historii, w szczególności geologicznej, (ii) poszukiwanie śladów życia, być może z odległej przeszłości, (iii) przygotowanie do misji załogowych i przyszłej kolonizacji planety.

Autor rozprawy podjął próbę kompletnego opisu zespołu kanionów marsjańskich, Valles Marineris, zlokalizowanego na południowej półkuli Marsa. W rozprawie przedstawiony jest szczegółowy opis morfologii kanionów oraz procesów, które mogły doprowadzić do takiego właśnie ukształtowania tej części powierzchni planety. Głównym źródłem danych wykorzystywanych w pracy są, wobec braku pomiarów in situ, satelity krążące wokół Marsa. Autor korzysta głównie ze zdjęć amerykańskiego Mars Reconnaissance Orbiter, MRO, (instrumenty CTX i HiRISE) oraz danych z misji Mars Global Surveyor (wysokościomierz laserowy MOLA i Mars Orbiter Camera – MOC). Danych spektralnych pozwalających na analizy mineralogiczne dostarczają instrumenty: OMEGA (misja Mars Express) i CRISM (MRO). Przydatne dane o temperaturze powierzchni i bezwładności cieplnej gruntu marsjańskiego pochodzą z instrumentu THEMIS (Thermal Emission Imaging System) misji Mars Odyssey (MO). Warto podkreślić, że mgr Dębniak sprawnie operuje programami, które pozwalają na tworzenie mozaikowych panoram obszarów Marsa będących przedmiotem rozprawy i łączenie wielu danych obrazowych w jeden, wynikowy rysunek.

Należy odnotować, że metodologia przyjęta przez autora rozprawy, tj. stworzenie opisu wszystkich kanionów Valles Marineris według tego samego schematu wyróżniającego najważniejsze z punktu widzenia geologii cechy omawianych obszarów (np. wielkość, jednostki geologiczne, pochodzenie, wiek, mineralogia, anomalie grawitacyjne, ściany i podłoga kanionów, osuwiska, formy osadowe i wydmy piaskowe) nie ma precedensu w literaturze przedmiotu. Zazwyczaj autorzy publikacji o tej części Marsa koncentrują się na jednej lub kilku cechach lub formach geologicznych w jednym lub w kilku kanionach. Podejście mgr Dębniaka jest próbą uporządkowania całości wiedzy o Valles Marineris i może stanowić dobry punkt odniesienia do dalszych badań.

2. Forma i struktura pracy

Praca jest bardzo obszerna, liczy 599 stron, i łamie w ten sposób przyjęte zwyczajowo reguły zalecające zmieszczenie treści rozprawy na, co najwyżej, 200 stronach. Można częściowo autora usprawiedliwić, bowiem podjął się wielkiego zadania i chciał je jak najlepiej wykonać, lecz większa zwięzłość w przedstawianiu materiału pozwoliła by na skrócenie pracy o przynajmniej 100 stron. W każdym wypadku tak obszerna rozprawa stanowi wyzwanie dla recenzenta i czytelników, a przede wszystkim stawia autora przed wielkim wyzwaniem zachowania równowagi pomiędzy różnymi częściami pracy.

Praca składa się z 5 dużych rozdziałów o odmiennej strukturze, obszernego zestawu literatury i 5 dodatków. Autor zgrabnie operuje językiem angielskim i pracę czyta się łatwo. Pomaga w tym duża liczba ilustracji, które istotnie pomagają w zrozumieniu tekstu. Rysunki są starannie przygotowane i dobrze opisane. Mgr Dębniak poprzedza każdy rozdział cytatem z Wisławy Szymborskiej, co nie razi, bowiem cytaty są dobrze dobrane, a z tekstu wynika, że autor lubi swoje zajęcia i przedmiot swoich badań.

Pierwszy rozdział rozprawy zawiera kolejno Wstęp, historię eksploracji Marsa, opis planety jej geologiczną historię, przedstawienie kompleksu Valles Marineris i metodologię zastosowaną w rozprawie.

Drugi rozdział, stanowiący dwie trzecie objętości rozprawy, zawiera szczegółowy opis 11 kanionów. Jest to kompendium wiedzy zgromadzonej przez setki naukowców pracujących nad geologią Marsa i metodycznie przedstawionej przez autora. W prezentacji tak złożonej materii można było przyjąć dwa podejścia: (i) omówić kolejne kaniony tak, jak uczyniono to w rozprawie, (ii) przedstawić najpierw ogólne teorie i hipotezy dotyczące powstawania form obecnych w każdym z kanionów, a następnie rozważyć różnice między teorią a obserwacjami dla każdego z kanionów. Rozumiem, że metoda wybrana przez autora powalała mu opisywać równolegle poszczególne kaniony Valles Marineris i, w ten sposób, zapanować nad obszernym materiałem. Z drugiej strony prowadzi to do wielu powtórzeń. I tak 2 główne procesy formowania się kanionów, tektoniczny i zapadania gruntu nad opróżnionymi tunelami przepływu lawy, wzmiankowane są w opisie każdego kanionu. Gorzej, że przy takiej metodzie opisu, ogólne teorie pojawiają się przypadkowo, przy okazji prezentowania jednego z kanionów, niekoniecznie pierwszego w kolejności opisywania. I tak, teoria tektonicznego tworzenia się kanionów podana jest w opisie drugiego z nich, Ius Chasma. Podobnie, teoria tworzenia się osadów przez nawiewanie pyłów wulkanicznych na zamrożonych jeziorach, która ma uniwersalny charakter, opisana jest w podrozdziale 4, dotyczącym Candor Chasma. Aż do podrozdziału 8, opisującego Ganges Chasma, trzeba czekać na ogólne rozważania mechanizmu powstawania osuwisk z chaotyczną teksturą obszaru osuwiskowego (hummocky landslide surface). Zapewne autor chciał być wierny literaturze przedmiotu, w której takie ogólne teorie pojawiają się przy okazji rozważań szczegółowych, jednak sprawia to dużą trudność czytelnikowi, bowiem pojęcia ogólne mieszają się z opisami szczegółowymi. Przy tak ambitnej próbie przedstawienia materiału warto też było uzupełnić niekompletne zestawienia pochodzące z literatury. Na przykład, w podrozdziale 3 (Ophir Chasma) w sekcji opisującej osuwiska wyróżnione są cztery takie formy, a w tabeli zaczerpniętej z literatury podane są tylko parametry dwu z nich. Z przedstawionych przez autora map i zdjęć wynika, że stosunkowo prosto można by te parametry policzyć i zestawić dla pozostałych dwóch osuwisk.

Rozdział trzeci, zatytułowany „Formy powierzchni i procesy”, zawiera syntezę materiału przedstawionego w rozdziale 2 i omawia najważniejsze jednostki strukturalne składające się na każdy z kanionów, ściany, osuwiska, dno kanionu, formy osadowe, elementy powierzchni związane z działaniami wody i lodowców, chaotyczne formy terenu, wydmy piaskowe.

Rozdział czwarty koncentruje się na bardzo dokładnym opisie geologicznym Ius Chasma zawartym w stworzonej przez mgr Dębniaka mapie form geologicznych tego kanionu. Autor wprowadza 48 for podzielonych na trzy grupy: (i) siedem zasadniczych jednostek geologicznych (np. *spur-and-gully morphology*, *sapping channels* czy *large landslide scars*), (ii) dwadzieścia jednostek pomocniczych, (iii) dwadzieścia jeden innych cech. Wynikiem znacznej pracy autora jest kompletna mapa geologiczna Ius Chasma, przy czym autor zadbał o to, by wszystkie, nawet najmniejsze formy znalazły się w takim przedstawieniu.

Rozdział piąty zawiera podsumowanie i przedstawia autorski pomysł na pochodzenie całego zespołu kanionów składających się na Valles Marineris. Autor przedstawia scenariusz powstania głównych form geologicznych we wszystkich kanionach, a głównym sprawcą gwałtownych często procesów zachodzących w tej części Marsa w odległej, geologicznej przeszłości jest woda.

Bogaty spis literatury zawiera 300 pozycji i 33 odnośniki do stron internetowych, zatem jest, w proporcji, równie obszerny, jak sama rozprawa.

Z czterech dodatków do pracy, dwa zawierają zestawienie misji do Marsa, a kolejne dwa listę obrazów z kamer CTX i HiRISE, wykorzystanych w pracy.

3. Cele pracy i ich realizacja

Autor stawia przed sobą trzy cele, które chciałby zrealizować w rozprawie doktorskiej.

Po pierwsze, mgr Dębniak chciał przedstawić w jednorodny i wyczerpujący sposób zgromadzoną dotychczas wiedzę na temat geologii Valles Marineris. Poświęca na to czterysta stron w rozprawie i trudno mu zarzucić, że pomija istotne dane lub tendencyjnie naświetla omawiane zagadnienia. Owszem, można mieć pewne zastrzeżenia co do formy prezentowania zgromadzonego materiału dowodowego (pomieszenie opisu szczegółowego z ogólnymi hipotezami teoriami, powtórzenia, czasami definicja jakiegoś pojęcia pojawia się w rozprawie długo po tym, jak zostało wprowadzone w tekście; wzór chemiczny minerału jarosytu odnajdujemy na stronie 472 rozprawy, w rozdziale 3, podczas gdy ten minerał jest kilkakrotnie wymieniany w tekście rozdziału drugiego), jednak całość rozważań robi na czytelniku wrażenie. Bez wątplenia ten cel rozprawy został zrealizowany.

Po drugie, autor zamierzał przedstawić pierwszą kompletną mapę geologiczną Ius Chasma i cel ten wykonał. Zapewne geologowie będą się spierać czy wprowadzona klasyfikacja ujętych w odwzorowaniu form geologicznych jest właściwa oraz czy granice pomiędzy klasyfikowanymi formami są wytyczone tak jak należy, jednak mapa stworzona przez mgr Dębniaka będzie stanowiła punkt odniesienia do dalszych tego typu prac.

Po trzecie, mgr Dębniak podjął się bardzo ambitnego zadania – przedstawienia wiarygodnego i popartego dowodami scenariusza powstania kanionów Valles Marineris w ich obecnej postaci. Autor zapowiada wyjaśnienie tej kwestii już we wstępie, jednak odkłada wywód do ostatniej, piątej części rozprawy zatytułowanej „Historia Valles Marineris”. Tutaj na szesnastu stronach przedstawia swoją zasadniczą hipotezę, którą omówię w dalszej części

recenzji. Hipoteza ta może być, ostatecznie, słuszna, jednak jej przedstawienie w rozprawie nie przekonuje czytelnika. Rozumowanie jest w wielu fragmentach niejasne, logicznie niespójne i stanowi bardziej szkic teorii niż jej pełną realizację. Innymi słowy, w tej części pracy rygor naukowy prezentowania wyników i wyciągania wniosków nie został zachowany. Rozumiem, że po napisaniu ponad pięciuset stron trudno było autorowi zdecydować się na kolejny stustronicowy rozdział, jednak przy tak ambitnym celu warto było by lepiej zadbać o jakość prezentacji. Mam nadzieję, że autor rozprawy zdecyduje się taki, dodatkowy, wysiłek, gdy będzie przedstawiał swoje rozważania w recenzowanym czasopiśmie naukowym.

Mgr. Dębniak przedstawia historię Valles Marineris w serii krótkich sekcji, które pokrótce omówię:

– Insight from the geomorphological map of Ius Chasma

Autor argumentuje, że historie Valles Marineris i kanionu Ius Chasma są ze sobą ściśle powiązane. Trudno zaprzeczyć, bo przecież historia Valles Marineris to historia każdego z kanionów. Zdaniem autora, dokładna mapa geologiczna Ius Chasma, którą przygotował, wskazuje na istotną rolę wody w kształtowaniu form geologicznych Valles Marineris. W szczególności przytacza dowody związane z istnieniem jasnych osadów (light-toned deposits), które zawierają uwodnione minerały oraz wskazuje na wielokrotne epizody występowania wody w Ius Chasma bądź w postaci jezior, bądź jako woda gruntowa wybijająca na powierzchnię, bądź też jako woda spływająca po zboczach, nawet w nieodległej przeszłości. Podaje też przykłady dwóch epizodów zlodowaceń.

Przytoczone argumenty są przekonujące.

– Valles Marineris Origin

Autor wraca do wielokrotnie wzmiankowanej w rozdziale 2 kwestii pochodzenia kanionów Valles Marineris i skłania się ku hipotezie tektonicznego osunięcia się części powierzchni Marsa w postaci długich zapadlisk, które na skutek procesów erozyjnych przybrały formę kanionów. Autor argumentuje, że stało się to w odległej geologicznie epoce. Trudno nie przyznać mu racji skoro wiele osuwisk w kanionach datowanych jest na 3.5 mld lat.

– Sequential enlargement –catenae, fossae, chasmata

Autor porównuje ze sobą trzy formy geologiczne: (i) catenae, które stanowią erozyjną ewolucję dziur zapadliskowych (collapse pits), (ii) fossae, które powstały w wyniku tektonicznego procesu tworzenia niewielkich łańcuchów dziur zapadliskowych, połączonych w liniowe struktury przez procesy erozyjne, (iii) chasmata, czyli rozwinięte kaniony, które mogły wyewoluować erozyjnie z wielu odcinków fossae. Autor próbuje udowodnić, że catenae i fossae są formami młodszymi niż chasmata i przedstawia dowód z Ius Chasma, w której Calydon Fossa zmienia morfologię południowej ściany kanionu. Może tak być, ale argumentacja bazująca na jednym przykładzie jest słaba. Być może catenae i fossae są młodsze niż chasmata (kaniony), ale może też być tak, że trzy formy geologiczne powstają niezależnie w wyniku procesów tektonicznych, ale tylko niektóre z nich ewoluują do pełnej postaci kanionu w wyniku działania erozji. Fakt, że catenae i fossae nie wykazują na zboczach form spur-and-gully może natomiast wskazywać na to, że są zbyt niewielkimi tworami, by takie procesy w nich zachodziły.

- Geological implications for spur-and-gully morphology

W tej części autor rozprawia się z dwiema teoriami dotyczącymi powstawania form spur-and-gully. Pierwsza z nich to formowanie spur-and-gully na sucho, w wyniku osuwania się mas gruntu po zboczach. Autor odrzuca tę hipotezę, ponieważ, jak zrozumiałem, procesy suche wymagają znacznie dłuższego czasu niż procesy inicjowane przez wodę. Szkoda, że autor nie podał czasu potrzebnego do suchego powstania spur-and-gully, bowiem rozważania bez tej informacji nie przekonują czytelnika. Kolejna odrzucona teoria, to peryglacialne kształtowanie powierzchni ścian kanionów, które usunęło ślady spur-and-gully poniżej linii występowania lodowca, ale nie naruszyło postaci sapping channels. Ponieważ autor nie podaje wysokości na której występują ujścia sapping channels (poniżej czy powyżej linii lodowca) argument jest nieprzekonujący.

- Aqueous origin of spur-and-gully morphology

Autor przekonuje, że spur-and-gully powstały w wyniku działania wody, zaraz po uformowaniu się kanionów. Taka interpretacja jest możliwa, ale nie konieczna.

- Tributary canyons formed by sapping process

Autor datuje procesy związane z wodą. Najpierw, w wyniku obfitych zasobów wody, powstały spur-and-gully, a po ich wyczerpaniu się zaczęły, z resztkowych zbiorników wody powstawać sapping channels. Jednym ze sprzyjających czynników miałyby być działalność tektoniczna, powodująca czasowe zwiększenie zasobów wody. Autor mówi nawet o przepływach wody (floor streams) w sapping channels. Dlaczego, w tym stanie rzeczy nie ożywił się ponownie proces tworzenia spur-and-gully?

- Water discharges into paleolakes

Autor identyfikuje Melas Chasma jako miejsce, w którym, w kolejnym epizodzie historii Valles Marineris, nastąpiło powstanie dużego zbiornika wody – paleojeziora, zasilanego wypływem wód gruntowych. Argumentami za takim rozwiązaniem mają być: (i) większa niż w innych kanionach szerokość Melas Chasma, wynikająca z intensywnego osuwania się ścian, jak chce autor w wyniku działania wody i (ii) gładkie formy geologiczne w osuwiskach wschodniej części kanionu. Znowm mnożą się wątpliwości: (i) czy inne niż woda czynniki mogły spowodować poszerzenie kanionu, (ii) jeśli to już woda, to dlaczego miałyby to nastąpić w wyniku powstania w tym kanionie paleojeziora, a nie przepływu przez niego wody przyniesionej z innych terenów, (iii) dlaczego formy geologiczne wskazujące na istnienie paleojeziora występują tylko we wschodniej części kanionu.

- Interior Layered Deposits

Autor argumentuje, że osady uwodnionych minerałów (Interior Layered Deposits) powstały w wyniku rozprzestrzenienia się wód paleojeziora z Melas Chasma do sąsiednich kanionów. Ciekawą kwestią jest zatem jak dużo wody podziemnej musiało znajdować się pod Melas Chasma, by wypełnić do znacznej głębokości wszystkie sąsiednie kaniony. Dlaczego tak wielki podziemny zbiornik występował tylko pod Melas Chasma?

- Catastrophic water releases forming outflow channels and chaotic terrains

Autor przekonuje, że poziom wód paleojeziora wzrósł tak znacząco, że przelało się ono przez ścianę Coporates Chasma na wschód, burząc przy tym ściany między kanionami. To rozumowanie nie jest poparte żadnymi argumentami fizycznymi. Jakich sił wymagałoby zburzenie ścian utworzonych z mocnych, wulkanicznych skał?

- Ancient and recent glaciation
- Deglaciation effects: pending conditions and slope instability
- Present-day conditions

Te trzy sekcje mają mniejsze znaczenie w przedstawionej historii Valles Marineris i nie będą tu dyskutowane.

4. Podsumowanie

Praca zawiera dobre i gorsze elementy. Dobre, tj. wyczerpujący opis wszystkich kanionów Valles Marineris i kompletna mapa geologiczna ius Chasma przeważają nad gorszym, czyli próbą odtworzenia historii Valles Marineris. Jeszcze raz podkreślam, że sama hipoteza może być słuszna, ale wymaga wielu jeszcze rozważań, by usunąć wszystkie związane z nią wątpliwości.

W konkluzji stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr Krzysztofa Dębniaka spełnia wymogi określone w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. i wnioskuję o dopuszczenie jej autora do dalszych etapów postępowania w przewodzie doktorskim.

Marek Banaszekiewicz