
THE AMERICAN GEOMORPHOLOGY BEFORE W. M. DAVIS, WITH SPECIAL REGARD TO J. W. POWELL AND G. K. GILBERT

AMERIŠKA GEOMORFOLOGIJA PRED W. M. DAVISOM S POSEBNIM OZIROM NA J. W. POWELLA IN G. K. GILBERTA

Jurij Kunaver



Maj. John Wesley Powell, the one-armed Civil war veteran, a geologist and famous explorer of the Grand Canyon of Colorado. From Powell, J. W., 1961, The Exploration of the Colorado River and its Canyons. Dover publications, Inc. New York.

Major John Wesley Powell, veteran in invalid brez ene roke iz ameriške državljanske vojne, znameniti raziskovalec Velikega koloradskega kanjona in geolog. Iz knjige Powell, J. W., 1961, The Exploration of the Colorado River and its Canyons. Dover publications, Inc. New York.

Abstract

UDC: 551.4(73)(091)

COBISS: 1.02

The American geomorphology before W. M. Davis, with special regard to J. W. Powell and G. K. Gilbert

KEY WORDS: geomorphology, geology, 19th century, history, USA

The beginnings of the North American geomorphology are closely connected with the development of its geology. Many of the most renowned American geologists of the time (up to the end of 19th century) got their real reputation in many cases due to the landforms research. At that time, the countryside and the geological situation in North America was almost completely new for the explorers, especially in the regions that were explored, settled and opened to the public progressively. During the first era, in the middle of 18th century, the American geology and geomorphology depended very much on the European science and this lasted until the second half of 19th century, nearly up to the appearance of W. M. Davis.

The aim of this paper is to give a review of the North American geologists and geomorphologists who lived and worked in this very period and to reveal how both sciences progressed and became more and more successful in explaining the American landscapes, together with giving new universal geomorphological ideas and solutions. Especially the period of Powell and Gilbert was extremely fruitful in this respect and has to be regarded as the dawn of the famous Davisian ideas. This paper, which has been prepared mostly for the readers in Slovenia, is based a great deal on the book *The history of the study of landforms*, by Chorley, Dunn and Beckinsale (1964). Only the most important names of American geology and geomorphology are mentioned in this summary.

In this Predavisian development it is possible to distinguish the first or the earliest period in the second half of the 18th century, marked by Werner's theory of the Deluge, and the movement away from it. The most eminent name of that time was Evans Lewis, American cartographer, born in 1700 in Wales, who published a paper on the region between Philadelphia and the Lake Ontario in 1743, and the work on the Appalachian Mountains (1749 and 1752), known at that time as the Endless Mountains. He was one of the first American geologists who developed his own geological view, not being under the influence of Werner's apocalyptic ideas. Therefore his work was of vital importance for other geologists of the time. Among the earliest geologists and geomorphologists there are also Peter Kalm of Swedish origin, which published *Travels in North America* (1753), the Frenchman François-Jean Marquis de Castellux (*Travels in North America*, 1783), B. de Witt (1793) and others.

The prevailing influence of the uniformitarianism of C. Lyell and the opposition to his ideas, represented by the fluvialism of J. D. Dana in the first place, were characteristic of the second period, the first half of 19th century. C. Lyell published the first American edition of *Principles of geology* in 1837, visited the USA, first in 1841–42, and then in 1845–46, and wrote many other papers on the American geomorphology. He attributed the significant influence on the development of the plains to the sea erosion. In the beginning of 19th century, Benjamin Silliman, an American geologist and professor at the University of Yale (from 1802 onwards), was more successful in exploring geology than others. His scientific newspaper called *Silliman's Journal* (1818) was later transformed into *American Journal of Science*. In 1819 the American Geological Society was established, and in 1836 the Geological Survey.

It was also the period of first strong opposition to Lyell's ideas, fully developed in the second half of 19th century. L. Agassiz was the second European to whom the American geology and geomorphology owe much clearer ideas of the glaciation. For the first time he lectured in the USA in 1846, but later he even settled in the country forever. He strongly influenced A. Conrad (1839) and especially E. Hitchcock (1841) who finally opened a new chapter in American glacial geomorphology.

The second half of the 19th century is the third period of the early development of the American geology and geomorphology, referring, on one hand, to the time of their slow and progressive decline from

the European ideas and perceptions in explaining the landforms, but on the other hand, to explorations of the American West. Between 1846 and 1875 there was a strong argument between the defenders of Lyell's ideas, in favor of the prevailing influence of marine erosion, and the opposition, being in favor of fluvial erosion. In 1843 generalist James Hall published a description of glacial landscape and material.

Another scientist, James Dwight Dana, was the most important fluvialist, well known for his descriptions of fluvial processes in Hawaii and Australia. He totally refused the idea of marine terraces. His *Manual of geology* (1863) is often compared with Lyell's *Principles*, and Dana is therefore regarded as the first great American geologist. A group of the so-called structuralists and semi-catastrophists, represented by W. Hopkins and others, were against Lyell as well. They believed that the present surface is remaining of the past and thus an effect of fluvial erosion, the belief, which had its origin with J. Hutton. A. Ramsay belonged to the same group as well, although he defended the marine planation, but in a different way than Lyell. Therefore his idea was comparative with later Davisian planation. E. Hitchcock (1849) was partly in favor of Lyell's marine terraces, in the case of Connecticut, but he also believed in lacustrine, fluvial and glacial origin of terraces. About 1866 the fluvial idea was more or less accepted in general, and also C. Lyell himself partly changed his statements in this respect at the end of his life. But in discussions, in favor of fluvial erosion J. D. Dana, G. Greenwood, A. Ramsay and J. B. Jukes contributed the most. Also J. P. Lesley from Philadelphia has to be mentioned in this respect because of his arguments for the importance of rock resistance in erosional processes. He was among the first who tried to explain the origin of the Appalachian structural landscape. His work signified the beginning of more appropriate regard for the importance of geological structure in the surface development.

In the middle of 19th century first attempts were made in quantification of geomorphic processes and effects, as well as in landforms morphometry. C. Lyell, e. g., tried to establish the speed of the Mississippi delta development, which, according to him, could be about 67,000 years old (1847). American geologists A. Brown and M. W. Dickeson calculated a much shorter period of its development, only about 14,000 years.

The time before W. M. Davis and his theory of geographical cycle was a very important period of geological and geomorphological explorations in the American West. The leading American explorers and thinkers of that time were F. V. Hayden, J. S. Newberry, G. N. Wheeler, and most of all J. W. Powell, G. K. Gilbert and C. E. Dutton.

The government of the USA in 1834 organized the very first geological expedition to the West, although the first scientific expedition under the leadership of doctor and naturalist J. S. Newberry was organized in 1855. Later, in 1859, an expedition to Santa Fe and southern Utah was organized as well. F. V. Hayden explored the Dakota badlands, the Plate River, the Black Hills and the upper Missouri together with Yellowstone.

At that time G. P. Marsh, a teacher, philosopher, ambassador and scientist, published *Man and nature, or physical geography as modified by man action* (1864), and influenced philosophy with its anthropocentric geomorphology.

After the Civil War beside Powell, F. V. Hayden, C. King and G. N. Wheeler explored the geology of the American West.

John Wesley Powell (1834–1902) is perhaps the first name of the American and world geomorphology of 19th century. He is well known for exploration of the Great Colorado Canyon (1869), emphasizing river erosion, for the theory of absolute and temporal erosional base, classification and terminology of landforms, drainage basins, genetic types of rivers and structural types of valleys. He is also the author of the concept of recent uplift of the surface. In 1879 he helped in foundation of Geological Survey and Land Office.

Grove Karl Gilbert (1843–1918) was the second most important geologist and the »geomorphologist's geomorphologist« (Tinkler, 1985) of the late 19th century. His most famous work is perhaps the Report

on the geology of the Henry Mountains (1877), which was the first important geological study on mechanics of river processes. But he also has merits for many new ideas, e. g. the theory on dynamic equilibrium of river profile and concept of grade, which were crucial in constructing of Davisian geographical cycle (Tinkler, 1985). His geomorphological »inventions« were also the explanation of upwarping of the shorelines of ancient Lake Bonneville, by the help of isostatic recovery of the crust after the end of the ice loading (1871–72), further on the study of climatic influence on land forming, the law of uniformity of the slopes, the laws of declivities and structure, the law of divides, the idea of lateral planation and origin of pediments.

Another important geomorphological thinker before W. M. Davis was Clarence Edward Dutton (1841–1912). At first, he was under the influence of J. W. Powell, whom he met in 1871. Later (1879) he was in charge of geological investigations in the region of the Colorado River. His first published works were on isostasy (1871–72 and 1889), the theory of contraction of Earth's core (1874) and the general physical development of Earth (1876). Later he published his most famous work Report on the geology of the high plateaus of Utah (1880), in which he stated that the area is a »paradise for geologists«. He is the author of the Physical geology of the Grand Canyon district (1880–81) and Tertiary history of the Grand Canyon region (1882). All his works are written in excellent and colorful language. Among others his merit was the advance of the isostatic theory, which in Europe was taken into account only thirty years later.

Ameriška geomorfologija pred W. M. Davisom s posebnim ozirom na J. W. Powella in G. K. Gilberta

KLJUČNE BESEDE: geomorfologija, geologija, 19. stoletje, zgodovina, ZDA

Začetki ameriške geomorfologije so tesno povezani z razvojem tamkajšnje geologije. Mnogi najbolj znani ameriški geologi tistega časa (do konca 19. stol.) so se najbolj proslavili prav z raziskovanjem in obravnavanjem razvoja reliefa, kar je razumljivo zaradi povsem novih pokrajin in geoloških razmer, ki so jih imeli priložnost postopno spoznavati. Obdobje razvoja od popolne odvisnosti od evropske znanosti še v sredini 18. stol. do zrelosti in samostojnosti ameriške geologije in geomorfologije je trajalo do druge polovice 19. stol., oziroma skoraj do Davisa.

V tem razvoju razlikujemo:

1. najzgodnejše obdobje v drugi polovici 18. stol., ki je bilo v znamenju vpliva pa tudi odmikanja od Wernerjeve teorije o vesoljni poplavi (Evans Lewis, ameriški kartograf, 1749 in 1752),
2. obdobje v prvi polovici 19. stol. je bilo predvsem v znamenju prevlade in nasprotovanja (fluvialisti, J. D. Dana) nazorom uniformista C. Lyella (prva ameriška izdaja *Principles of geology*, 1837; prvi in drugi obisk v ZDA 1841–42 in 1845–46), ki je v oblikovanju reliefa najbolj poudarjal pomen in moč morske erozije. Pomemben je bil tudi vpliv L. Agassiza in še prej ustanovitev *Silliman's Journal* (1818), po Benjaminu Sillimanu, pomembnem ameriškem geologu, pozneje preimenovanem v *American Journal of Science*. 1819 je bilo ustanovljeno tudi *American Geological Society*, l. 1836 pa *Geological Survey*,
3. obdobje v drugi polovici 19. stol. je v znamenju odmikanja od evropskih idej in pripravljanju temeljev za Davisovo teorijo erozijskih ciklusov ter začetkov kvantitativne geomorfologije.

Vodilni raziskovalci geologije in geomorfologije ameriškega zahoda so bili F. V. Hayden, J. S. Newberry, G. N. Wheeler, predvsem pa J. W. Powell (raziskovanje Velikega koloradskega kanjona, pomen rečne erozije, teorija erozijske baze, klasifikacija reliefnih oblik in porečij, koncept recentnega dvigovanja površja; 1879 pomagal ustanoviti *Geological Survey and Land Office*), G. K. Gilbert (ravnotežni rečni profil, mehanika rečnih procesov, preperevanje, Bonnevillovo jezero) in C. E. Dutton (izostazija, kontrakcijska teorija).

Address – Naslov:

Jurij Kunaver, Ph. D.

Hubadova ulica 16

SI – 1000 Ljubljana

Slovenia – Slovenija

Phone – telefon: +386 (0)1 565 81 20

E-mail – el. pošta: jurij.kunaver@ff.uni-lj.si

1. Uvod

Začetki ameriške geomorfologije so tesno povezani z razvojem ameriške geologije. Obdobje razvoja do popolne zrelosti in samostojnosti geomorfologije je v bistvu trajalo okrog stopenetdeset let, to je od sredine 18. do konca 19. stol., oziroma do Davisa. V tem času je mogoče razlikovati:

1. najzgodnejše obdobje v drugi polovici 18. stol.,
2. obdobje prve polovice 19. stol. in
3. obdobje druge polovice 19. stol.

Razmeroma pozen začetek je povezan tako z razvojem ZDA, njenega formiranja kot države in predvsem z njenim ozemeljskim razvojem, a tudi z razmeroma poznim razvojem ameriške znanosti, ki je bila dolgo časa pod evropskim vplivom. Do sredine tega stoletja (1845) je dejanska zahodna meja ZDA potekala po Apalačih, saj ozemlje zahodno od tam ni bilo niti dovolj znano niti ni bilo pod kontrolo države, ni bilo ne zemljevidov, niti dobrega naravoslovnega poznavanja. Dejansko množično naseljevanje Evropejcev v ZDA se je začelo šele po l. 1820. Do sredine 19. stol. so bile torej znane le vzhodne pokrajine ZDA, ki pa so bile po zunanji podobi precej drugačne od zahodnoevropskih. Razvoj ameriške geologije je bil v tistem času neorganiziran, celo amaterski, in močno pod vplivom že zastarele Wernerjeve teorije o vesoljni poplavi. Zato so učinke mogočne severnoameriške poledenitve in fluvio-glacialnih pojavov zamenjevali z obsežnimi poplavami. A sprožilo se je že zanimanje za velike geomorfološke pojave kot so Niagarski slapovi. Prišlo je tudi do prve ameriške izdaje Lyellovega temeljnega dela *Principles of geology* (1837), do njegovega prvega (1841–42) in drugega obiska ZDA (1845–46) ter njegovih ameriških geoloških študij (*On the recession of the falls of Niagara, 1842; On the ridges, elevated beaches, inland cliffs and boulder formations of the Canadian lakes and the valley of St. Lawrence, 1842–43; Travels in North America, 1845 in Second visit to the United States of North America, 1849*).

2. Začetki geoloških raziskovanj

Avtorji dela *The History of the study of Landforms* (Chorley, Dunn in Beckinsale, 1964), iz katerega smo marsikaj povzeli za ta prispevek, navajajo Evansa Lewisa, ameriškega kartografa, rojenega 1700 v Walesu, ki je emigriral v takratno britansko kolonijo, kot edinega in prvega povsem samostojnega ameriškega geološkega misleca. Primerjajo ga celo z znamenitim Škotom Jamesom Huttonom (1726–97), ker je objavljal celo pred njim in imel podobne predstave o geološkem in geomorfnem razvoju Zemlje. Razvil je samostojen geološki pogled, ki ni ponavljal Wernerjevih poplavnih apokaliptičnih pogledov in je zato s svojimi objavami iz l. 1743 o pokrajini med Philadelphijo in Ontarijskim jezerom ter o Apalačih (1749 in 1752; takrat imenovanih *Endless Mountains*) vplival na zgodnje ameriške geologe 19. stol. Med najzgodnejše raziskovalce ameriške geologije in geomorfologije so se zapisali še Šved Peter Kalm (*Travels in North America, 1753*), dalje Francoz François-Jean, Marquis de Castellux (*Travels in North America, 1783*), B. de Witt (1793) itd.

3. Prva polovica 19. stoletja

Med pomembnimi dogodki v razvoju ameriške geologije in geomorfologije je treba omeniti tudi ustanovitev Silliman's Journal (1818), imenovanega po ustanovitelju Benjaminu Sillimanu, pomembnem ameriškem geologu, profesorju na univerzi Yale od 1802 dalje, ki ga literatura omenja s posebnim poudarkom, ker je odkrival geološka dejstva prodorneje od drugih. Pozneje se je njegova revija preimenovala v *American Journal of Science*. Leto dni po ustanovitvi revije (1819) je bilo ustanovljeno tudi *American Geological Society*, l. 1836 pa *Geological Survey*. Vse to je pripomoglo k večji kritičnosti in napredku v tej znanosti. To obdobje je bilo v resnici prehodno, med Wernerjevim neptunizmom in Lyellovim uniformizmom oziroma njegovimi nasprotniki fluvialisti, vendar so ga obvladovali diluvialisti (zagovorniki

katastrofalnih poplav) ter se ujema z obdobjem med izidom Playfairovih *Illustrations of the Huttonian theory of the Earth* (1822) in Lyellovimi *Principles of geology* (1830–33) v Angliji.

Taka je bila ameriška geologija vse do prihoda C. Lyella v ZDA (1841), ko niso še v celoti sprejeli niti Huttonovih idej. Številne različne razlage reliefa iz takratnega časa si npr. nasprotujejo prav pri razlagi Niagarskih slapov. Lyell, poglavitni predstavnik uniformizma in takratna nesporna svetovna avtoriteta na področju geologije, je bil obseden od ideje o morski eroziji, ki da ji je mogoče prisojati tudi nastanek nizin, in prepričan, da so ledene gore prenašale ledeniško gradivo, predvsem ledeniške balvane. ZDA je obiskal v letih 1841–42 in 1845–46. Iskal je dokaze za morsko erozijo, toda pri razlagi Niagarskih slapovih je že odločno branil njihov fluvialni erozijski nastanek. Lyell je obisk Amerike izkoristil predvsem za čim več potovanj in razgovorov s sodobniki o geoloških in geomorfoloških problemih.

Na gemorfologijo v ZDA je močno vplival tudi Louis Agassiz (1807–73), oče ledeniške geomorfologije, ki je v Novem svetu našel posnemovalca v T. A. Conradu (1839) in predvsem v Edwardu Hitchcocku (1841) in je tam 1846 tudi prvič predaval o svojih pogledih, ter se slednjič v ZDA tudi naselil. Hitchcock je dokončno odprl novo poglavje v ameriški geomorfologiji in njenem razumevanju ter razlagi ledeniške geomorfologije.

Od 1830 dalje se je pojavilo več geoloških poročil o eroziji, poledenitvi in obalnih procesih kot prej. James Hall je l. 1843 opisoval ledeniški relief in gradivo, James Dwight Dana pa se je proslavil z natančnim opisovanjem rečnih procesov na Havajih in v Avstraliji. Toda to so bili generalisti oziroma naravoslovci s širšo, multidisciplinarno izobrazbo, a niso še bili geomorfologi. Ameriškim znanstvenikom so bili takrat zgled James Hutton, John Playfair in Louis Agassiz. Njihov najdaljši znanstveni doseg je bilo predvsem natančno opazovanje in opisovanje reliefnih oblik. Najbolj pogosto so uporabljali besedo fizična geografija (prim. Guyot: *The Earth and man. Comparative physical geography in its relation to the history of mankind*, 1852). Če sta ameriška geologija in geomorfologija v prvi polovici 19. stol. še krepko zaostajali za evropsko, so v drugi polovici tega stoletja ljudje Hitchcockovega kova hitro manjšali te razlike.

4. Druga polovica 19. stoletja

Leta od 1846 do 1875 so bila obdobje boja med zagovorniki morske in kopne erozije. Zagovornik prvega je bil C. Lyell, proti njemu pa so bili strukturalisti in semikatastrofisti, med njimi zlasti W. Hopkins ter fluvialisti, manjšina, ki je v osnovi sledila J. Huttonu in zagovarjala razvoj površja s pomočjo padavin in rek. K temu je treba prišteti še Andrewa C. Ramsayja, ki je zagovarjal morsko planacijo, kar je bilo sicer priznavanje Lyellove ideje o morski eroziji, toda na drugačen način. V dokaz so mu bile morske abrazijske terase, medtem ko je Lyell dolgo vztrajal v trditvi, da morska erozija razčlenjuje površje, kar je seveda napačno (Chorley et al., 1964, 308). Šele proti koncu svojega življenja je Lyell sprejel bolj fluvialistične trditve. Ramsayjeve ideje so s tem postale primerljive z Davisovo peneplesko teorijo. V bistvu pa sta Lyell in Ramsay nadaljevala Huttonov pogled na sedanje površje kot začasno oz. trenutno fazo v njegovem razvoju, čeprav se je Ramsay postopoma oddaljil od njega. Medtem pa so Hopkins in strukturalisti zagovarjali sedanje površje kot ostanek iz preteklosti.

Lyellova morska teorija je bila za mnoge zelo dolgo edina veljavna. Hitchcock (1849) je na primeru teras v Connecticutu npr. verjel, da so tam ohranjene morske abrazijske terase, kar je bila dediščina Lyella, medtem ko pri drugem ni bilo dvoma o jezerskem, rečnem ali ledeniškem nastanku in je zato sprejel tudi erozijsko razlago. Drug pomemben ameriški geolog in fluvialist, ki je zavračal morski nastanek teras, je bil James Dwight Dana (Chorley et al., 1964, 318).

Okrog 1866 je postopoma prevladalo fluvialistično pojmovanje razvoja reliefa nad marinskim, k čemur so največ prispevali J. D. Dana, G. Greenwood, A. Ramsay in J. B. Jukes, poleg mnogih drugih, ki so jim pri-trjevali. K temu so največ prispevale natančnejše meritve erozijske moči rek, dalje nova raziskovanja v tropskih krajih, kjer sta denudacija in erozija dominantna preoblikovalca površja (Chorley et al., 1964, 359).

J. D. Dana (1813–95) je bil prvi veliki ameriški fluvialist, ki je Evropi postregel z informacijami o tropski geomorfologiji in je zasledoval povsem samostojno smer geomorfološkega razmišljanja. To mu je omogočilo dolgo potovanje po svetovnih morjih, tudi po območjih, ki jih omenja Charles Darwin. Njegovo delo *Manual of geology* (1863) po pomenu primerjajo z Lyellovimi *Principles of geology* in ga zato glede zaslug za razvoj ameriške geologije in geomorfologije primerjajo s sodobnikom, Angležem C. Lyellom, oziroma ga imajo za prvega velikega ameriškega geologa. Imel je smisel za podrobnosti, npr. za terase in poplavne ravnice, kar mu je omogočilo bolj temeljite zaključke. Med prvimi geomorfologi se je začel zavdati hidravličnih zakonitosti, zaradi česar je upravičeno sklepal o vodi kot pomembnem dejavniku pri denudaciji in eroziji.

Omeniti velja še t. i. katastrofične in stratigrfske ter erozijske strukturaliste (1845–61), ki so zagovarjali pomen endogenih sil za nastanek reliefa, zlasti zadnjih, ki so pričeli spoznavati in poudarjati pomen različne odpornosti kamnin. J. P. Lesley iz Philadelphije je bil primer ameriškega stratigrfskega ali erozijskega strukturalista, ki je zagovarjal vpliv kamninske odpornosti pri nastanku in preoblikovanju površja in je med prvimi razlagal nastanek apalaškega strukturnega reliefa. Sprva je pri tem pretiraval – tudi kadar je šlo za drugačne razmere, je zagovarjal samo njemu znane primere – pozneje pa je priznal tudi pomen rečne erozije in med prvimi omenjal učinek kemične erozije v apnenčastih območjih. To je bil začetek ustrežnejšega vrednotenja geološke strukture pri nastajanju reliefa.

Sredina 19. stol. je v ameriški geologiji in geomorfologiji pomenila začetke kvantifikacije in morfometrije, kar dokazujejo prve meritve rečnega transporta in obsega sedimentov, zlasti v deltah. C. Lyell je bil tako med prvimi, ki je obravnaval delto Missisipija in s pomočjo podatkov drugih izračunal, da je lahko nastala v 67.000 letih (1847). Ameriška geologa A. Brown in M. W. Dickson sta izračunala krajše obdobje, samo 14.000 let (1848). Eni so navajali samo napredovanje te delte, od 30 do 130 m na leto, drugi celotno količino gradiva na leto ali pa delež suspendiranega gradiva v vodi (npr. od enega dela na 601 delov vode do enega dela na 1808 delov vode). V ZDA so se sredi 19. stol. razmahnile tudi študije o poplavnih vodah, katerih nosilca sta bila med drugim A. A. Humphreys in H. L. Abbott.

5. Preddavisovsko obdobje geoloških in geomorfoloških raziskav na zahodu ZDA

John Wesley Powell (1834–1902), ki ga bomo še podrobneje predstavili, s svojim pionirskim raziskovanjem porečja reke Kolorado (1869) ni bil prvi, ki je geološko raziskoval ameriški zahod. Tako raziskovanje je organizirala vlada že 1834. Toda prava znanstvena odprava, ki se je udeležil zdravnik in naravoslovec John Strong Newberry (1822–92), je odšla na pot 1855 v severno Kalifornijo in Oregon. Naslednje leto se je Newberry udeležil odprave v območje spodnjega toka Kolorada, leta 1859 pa se je udeležil tretje in zadnje odprave od Santa Fe do južnega Utaha. Njegova opažanja so bila objavljena šele po ameriški državljanski vojni in so zato izgubila na aktualnosti (1876). F. V. Hayden je bil drug tak geolog, ki je raziskoval predvsem na območjih badlandsov v Dakoti, Plate River, Black Hills in zgornji Missouri ter Yellowstone.

Poseben vpliv na razvoj geologije in geomorfologije v ZDA je imela državljanska vojna (1861–1865), kjer se je pokazalo, kako odločilen je lahko teren za izid vojaških spopadov. Že med to vojno je George Perkins Marsh, učitelj, filozof, ambasador in znanstvenik napisal *Man and nature; or physical geography as modified by man action* (1864), in kot prvi opozoril na spremembe, ki nastajajo zaradi delovanja človeka. Imajo ga za izrazito antropocentričnega geomorfologa, ki je vplival tudi na filozofijo, češ, da bi moralo biti opazovanje narave in njena razlaga osnova vsaki znanosti. Toda njegove ideje so morale počakati na potrditev v 20. stol. Pač pa je močno vplival na razmah naravoslovnega, geološkega in geomorfološkega raziskovanja ameriškega zahoda med 1830 in 1880, katerega glavni nosilci so bili F. V. Hayden, J. S. Newberry, G. N. Wheeler in J. W. Powell. To so bili tudi tisti, ki so s svojimi izčrpnimi in natančnimi geografskimi opisi pripravili tla za nastanek ideje o geografskem ciklu. Zanimivo pri tem pa je, da poznejše iskanje rudnih bogastev, ki je zaposlilo veliko število bogastva željnih avanturistov v Kaliforniji, Koloradu in na Aljaski ni zapustilo velikih sledi v ameriški znanosti.

John Wesley Powell in John McGee sta bila vsak po svoje neposredno in posredno pomembna za ameriško geomorfologijo tudi zato, ker sta pomagala ustanoviti USGS (United States Geological Survey) in GSA (1888).

6. J. W. Powell, G. K. Gilbert in C. E. Dutton – predhodniki W. M. Davisa

Drugo polovico 19. stol. lahko imenujemo ero znanstvenega raziskovanja zahoda ZDA, katerega nosilci so bili drugačni ljudje kot pred tem. Namesto razmišljujočih kabinetnih znanstvenikov so to bili smeli posamezniki, napol avanturisti, mnogi preskušeni in državljanski vojni, ki so jih privlačila neznana prostranstva in so bili pripravljene izpostaviti se nevarnostim v težkih okoliščinah. Med vsemi znanstvenimi »avanturami« takšne vrste je morda najbolj odmevalo enkratno dejanje Johna Wesleyja Powella, ko je l. 1869 skupaj z moštvom prvič s čolnom prevozil reko Kolorado in se skozi kanjone prebil do njenega spodnjega toka. To pa ni bilo samo potovanje po reki, ampak skrbno opazovanje, zapisovanje in risanje vsega, kar so med potjo videli. Geologi so v ta območja zašli v glavnem z denarno pomočjo vlade, pozneje tudi po njenih navodilih, bodisi zaradi iskanja rud, ustanavljanja oporišč belcev ali iskanja najlažjih prehodov za gradnjo železnic.

J. W. Powell je bil rojen 24. marca 1834 v New Yorku. Njegova družina, delno valižanskega, delno angleškega porekla, je 1830 emigrirala v ZDA, kar je bila značilnost tistega časa. Nekaj let star se je z družino preselil v Ohio, kjer je skupaj s starši preživel življenje ameriških mejašev. Vzgajal ga je domači učitelj, ki ga je zanimala arheologija in verjetno tudi geologija, predvsem pa je imel dobro knjižnico. Še ne dvajset let star je Powell zapustil družino, ki ga je silila v duhovniški stan in kmetijstvo, in se je zaposlil kot učitelj. Zraven je zasebno študiral, a 1855 je že študiral na naravoslovnem oddelku kolidža v Illinoisu. S prekinitvami, med katerimi je bila pomembna plovba do ustja Missisipija in zbiranje mehkužcev (1856), je menjaval kolidže in učiteljske službe. 1861 se je kot prostovoljec javil v zvezno armado (Federal Army). Z znanjem kartografije, gradbeništva in vojaške taktike je v vojski hitro napredoval. Toda 6. aprila 1862 je v bitki pri Shilohu ob poveljevanju artileriji izgubil desno roko. Že naslednje leto se je ponovno pridružil zvezni armadi in generalu Grantu, se udeležil obleganja Vicksburga, a je v vmesnem času utegnil še nabirati mehkužce.

Januarja 1865 je zapustil vojsko in postal profesor geologije na Illinois Wesleyan University v Bloomingtonu. Toda vlekkel ga je zahod in l. 1867 je organiziral prvo ekspedicijo v Pike's Peak in povirje Grand River. Leto pozneje je raziskoval Long's Peak, Uinta Mountains in povirje Green River. S tem si je pridobil izkušnje za tretjo ekspedicijo leta 1869 v Veliki kanjon reke Kolorado. Veličina tega dejanja je bila predvsem v tem, da Powell ni imel nobenih oprijemljivih informacij o naravi kanjona in ni mogel vedeti, s kakšnimi težavami se bo moral spoprijeti. To je bilo takrat praktično povsem neznano in neraziskano območje ZDA. Največja uganka so bili slapovi na Koloradu, ki so se jih najbolj bali in ki bi, če bi obstajali, lahko uničili vso odpravo. Toda tudi brzice, ki jih v kanjonih kar mrgoli, so bile dovolj velika preskušnja.

Odprava je štela deset članov, med njimi je bil tudi Powellov brat Walter Henry. Potovali so s štirimi, posebej za ta namen izdelanimi hrastovimi čolni, skupaj z opremo za desetmesečno odsotnost, med katero je bilo tudi blago za trgovanje z Indijanci. Odprava je odplula 24. maja 1869 iz Green River Cityja, ki je bil od prejšnjega leta že povezan z železnico.

Iz poročil odprave, ki sta jih pisala Powell in Sumner, je mogoče ugotoviti, kakšnega pretanjenega duha in sposobnosti je bil vodja, ki je imel smisel ne samo za natančno opazovanje, ampak tudi za lepo. Toda misliti je moral tudi na moštvo, ki ni bilo sestavljeno iz povsem enako mislečih in enako odpornih mož. 8. junija so izgubili prvi čoln, pred tem in potem pa so se jim čolni večkrat prevrnili, kar je občutno zmanjševalo zaloge hrane in opreme. 28. junija jih je pri Indian Agency zapustil Anglež Frank Goodman. 15. julija je bila odprava kljub hudim težavam še v zadovoljivem stanju. 17. julija so dosegli sotočje Green in Grand River, kar je pomenilo šele pol poti. Med tem so jih časopisi že proglasili za izgubljene, kar pa je zanika-

lo Powellovo pismo ženi iz Uinta Agency. Nadaljevanje poti je bilo v resnici najtežje, saj so jih čakali Cataract, Glen in Grand Canyon. Zlasti v slednjem so brzice posebno pogoste. Dnevni odseki plovbe so se skrajšali na komaj 2 do 3 milje, ker je bilo treba pogosto prenašati tovor in čolne previdno voditi ob obali. Vse težji problem je postajala hrana. 17. avgusta je Powell zaradi naraščajočih težav začel razmišljati o prekinitvi potovanja, še bolj pa je naraščalo nezadovoljstvo med spremljevalci. 20. avgusta so naleteli na granit in metamorfne kamnine v strugi, kar je spremenilo tudi lastnosti reke in pojavili so se velikanski valovi. 27. avgusta so trije udeleženci zapustili odpravo v upanju, da bodo nad kanjonom naleteli na kakšno mormonsko naselbino. Toda za njimi se je izgubila vsaka sled. 29. avgusta je preostanek odprave izstopil iz kanjona na sotočju z Virgin River. 31. avgusta so naleteli na prve mormonske naseljenice.

Na vsej tej poti reka premaga višinsko razliko 1500 m. Pri tem so prečkali obsežno Koloradsko planoto, ki jo sestavljajo številne stopničasto nanizane planote, sestavljene iz vodoravnih plasti, ki se vlečejo na stotine kilometrov daleč. Raziskovanje tega oddaljenega območja, ki ga je Powell opisal v knjigi *The exploration of the Colorado River and its canyons* (1875, 1895), je prineslo mnoga povsem nova spoznanja v geologijo in geomorfologijo. V njej so odlični in izčrpni naravoslovni opisi posameznih planotastih pokrajin nad kanjoni in kanjonov samih ter njihove geološke zgradbe ter reliefnih oblik, ki jih spremljajo številne ilustracije. Vmes so zelo pogosti opisi indijskih ljudstev ter sledov starejše indijske naselitve. Med geomorfološkimi pojavi Powell najpogosteje omenja kanjone, erozijske, strukturne in tektonske stopnje ali klife, vulkanske stožce in vulkanske neke, ki se kot številni osamelci dvigajo nad strukturnimi planotami, mese, bute, hogbeke (hogback), skalne mize, skalne terase itd. Pred tem so veljale Alpe, severni Wales, Lake District in Centralni masiv v Franciji za geološko najbolj privlačna in zanimiva območja tega sveta. Koloradska planota iz vodoravnih plasti, ki so bile brez večjih deformacij dvignjene v višino, in njeni brezštevilni kanjoni pa so dokazovali v prvi vrsti moč rečne erozije kot posledico vertikalnega dviganja območja. S tem raziskovanjem se je nehalo eno in začelo naslednje obdobje v razvoju geologije in zlasti geomorfologije.

Pred Powellom so bili geologi večinoma uslužbenci ameriške vlade. Tudi Powell je imel delno vladno finančno podporo in je zato moral pošiljati geološke vzorce Smithsonovi ustanovi. Toda v resnici je bil

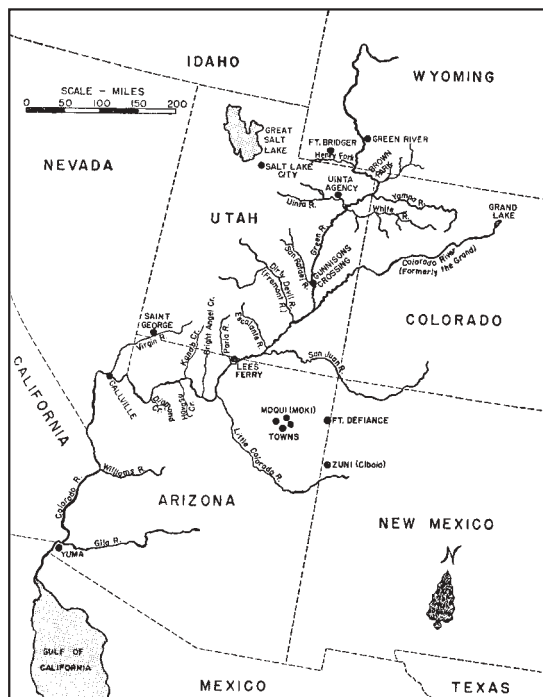


Figure 1: The map of the Colorado River drainage area. From Powell, J. W., 1961, *The Exploration of the Colorado River and its Canyons*. Dover publications, Inc. New York. P. 17.

Slika 1: Karta porečja reke Kolorado. Iz knjige Powell, J. W., 1961, *The Exploration of the Colorado River and its Canyons*. Dover publications, Inc. New York. Str. 17.



Figure 2: »Hogbacks« with intervening valleys. From Powell, J. W., 1961, *The Exploration of the Colorado River and its Canyons*. Dover publications, Inc. New York. P. 146.

Slika 2: Hogbeki, strme strukturne stopnje. Iz knjige Powell, J. W., 1961, *The Exploration of the Colorado River and its Canyons*. Dover publications, Inc. New York. Str. 146.

neodvisen, ker je bil neposredno odgovoren samo svojemu kolidžu, ki ga je povečini financiral. Po dveh odpravah v Kolorado (druga 1871–72) je veliko živel med Indijanci, proučeval njihove navade in jezik in bil poseben odposlanec za njihove interese in rezervate. Od takrat dalje so se mu pridružili izredno sposobni G. K. Gilbert, C. E. Dutton in C. A. White. Z njihovo pomočjo je 1875 objavil poročilo o Koloradu (*Exploration of the Colorado River of the West*) in 1877 o aridnih območjih. To je bilo v času, ko je narasel interes ameriške javnosti za zahod, kjer je (zahodno od Missisipija) do 1865 živelo le 3,6 mil. ljudi, 1877 pa že 13 mil.

Powell je zaradi neorganiziranosti geoloških raziskav pri vladi apeliral za ureditev razmer in združitve razpršenih prizadevanj. Na osnovi tega predloga je Kongres 1879 ustanovil Geological Survey and Land Office. C. King je bil postavljen za njegovega direktorja, Powell pa za direktorja Biroja za etnologijo. Powell je na mestu vodje Geological Surveya že čez eno leto zamenjal Kinga. Tako je nastalo najpomembnejše jedro geološkega raziskovanja v osehah J. W. Powella, G. K. Gilberta in C. E. Duttona, ki je v naslednjih letih posredovala največ geomorfoloških informacij in nakazala nadaljevanje raziskovanj.

Powellova raziskovanja na območju Kolorada so zadevala zlasti 1. načelo erozijske baze, 2. značaj in potencial erozijskega procesa, ter 3. klasifikacijo reliefnih oblik. Utrdil ali uvedel je različne termine, ki so se pozneje dokončno usidrali v geomorfologiji kot npr. *canyon* in *mesa* (Chorley et al., 1964, 518). Predvsem pa je ugotovil, da je do erozije lahko prišlo le zaradi enakomernega dviga Koloradske planote. K značaju reliefnih oblik pa je posebej prispevalo puščavsko podnebje, v katerem se pobočja počasneje umikajo kot drugod, ker je preperevanje na splošno počasnejše. Pojasnil je tudi nastajanje različnih denudacijskih oblik, kot je npr. *butte*, ki je denudacijski osamelec ali ostanek (*butte*: debeli konec orodja, puškino kopito, tudi živalsko stegno).

Powellovo razlikovanje *absolutne in začasne erozijske baze* je prav tako plod njegovih koloradskih raziskovanj in razmišljanj. Poleg tega je razlikoval tri genetske vrste rek in sicer *antecedentne, konsekventne in nasledstvene reke* (Chorley et al., 1964, 532), razen njih pa še *transverzalne, longitudinalne, znotraj njih pa diaklinalne, kataklinalne, anaklinalne ter antiklinalne, sinklinalne in monoklinalne doline*.

Powell je prispeval tudi geologijo gorovja Uinta (Report on the geology of the eastern portion of the Uinta Mountains, 1876), kjer podrobneje razlaga pomen vertikalnega dviga gorovja za nastanek rečnih dolin. Ta koncept je bil zelo pomemben za kasnejše geomorfološke študije, zlasti za nastanek Davisove teorije. Njegov učenec in kolega G. K. Gilbert je leta 1902 združil vse Powellove geomorfološke in geološke dosežke v naslednje vrstice: »Powell je objavil stratigrafijo in tektoniko ter del regionalne geologije Koloradske planote in gorovja Uinta. S pomočjo terenskih študij je na osnovi strukture in razvoja na novo klasificiral gorski relief, klasificiral dislokacije, doline in posamezna porečja. Njegova zamisel sta *nasledstveno in antecedentno porečje*, zlasti pa koncept *absolutne erozijske baze*. Obe ideji pomenita temelj za razvoj *nove veje geologije, imenovane geomorfologija ali fizična geografija*« (Chorley et al., 1964, 544).

W. M. Davis sam je ocenil njegovo delo na področju erozijske baze, ki da ima zlasti teoretičen pomen, kajti to naj bi bila valovita linija, ki seka sedanje vodotoke in predstavlja ravnino, do katere predvidevamo erozijsko zniževanje. Po Davisu naj bi bil za teoretično predpostavko o obstoju linije erozijske baze, ki je identična s površino geoida, še bolj zaslužen Gilbert kot pa Powell (Davis, 1925, 183). Willis (1942, 168) Powellu priznava koncept recentnega dvigovanja površja, ki naj bi se upočasnilo z zniževanjem njegove absolutne višine, kar velja tudi za planote. Zato je tudi moč erozije v premem sorazmerju z dvigovanjem in višino reliefa oziroma je erozija posledica dvigovanja, preneha pa z znižanjem reliefa. Faze dviganja in erozije so precej krajše od mnogo daljših obdobj mirovanja. W. D. Thornbury (1954, 10) je zapisal, da je Powell prvi predvideval učinkovanje erozije vse do skoraj popolne ravnine, s čemer je dal Davisu trdno oporo za uresničitev zamisli o geografskem ciklusu in mu je ostalo samo še ustrezno imenovanje »skoraj ravnine ali peneplena« (trije zgornji citati po Chorley et al., 1964, 544).

J. W. Powell je umrl 1902 v Havenu (Maine), daleč od pokrajina, ki jim je posvetil večino svojega življenja.



Figure 3: View of Marble canyon from Vermilion cliffs. From Powell, J. W., 1961, The Exploration of the Colorado River and its Canyons. Dover publications, Inc. New York. P. 240.

Slika 3: Pogled na marmorni kanjon iz Vermilionskih stopenj. Iz knjige Powell, J. W., 1961, The Exploration of the Colorado River and its Canyons. Dover publications, Inc. New York. Str. 240.

Grove Karl Gilbert (1843–1918) se je od Powellovih učencev najbolj odlikoval. Kot eden najpomembnejših raziskovalcev geologije in geomorfologije v drugi polovici 19. stol. je šel na zahod predvsem gnan od posebnosti novih pokrajin. Najprej je bil asistent geologije na univerzi v Rochestru, nato je sodeloval pri topografskih in geoloških kartiranjih na jugozahodu ZDA. Že zgodaj je iz značilne reliefne topografije ugotovil obstoj tektonskih prelomov ter med njimi tektonskih jarkov in horstov. Powella in Duttona je prvič srečal 1872 v Washingtonu. Na območju Aquarius in planote Kaiparowits ter v Henry Mountains je med 1875 in 1876 prišel do pomembnih spoznanj o lakolinitnih gorovjih, o vplivu podnebja na relief, o konceptu podolžnega profila, o zakonu o enotnih pobočjih (*law of uniform slopes*), o umikanju različno odpornih eksponiranih plasti (*laws of declivities and structure*), o zakonu o razvodjih (*law of divides*), o bočnem uravnavanju in o nastajanju pedimentov. Zanj je značilno, da je bil samostojen v razmišljanju in se je zato razmeroma malo naslanjal na predhodnike in ni povsem sledil Powellovem konceptu erozijske baze, razen njegovi klasifikaciji rek. Gilbertova odlika, podobno kot Powellova, ni bila akademska diskusija, ampak jasen in neposreden pristop ter razlaga tistega, kar je videl na lastne oči.

Leta 1881 je G. K. Gilbert na Powellov predlog postal eden od šestih vodilnih geologov Geological Surveya, kar ga je močno oviralo pri terenskem delu. Leta 1880 je objavil pomembno monografijo o jezeru Bonneville (Contributions to the history of Lake Bonneville), v kateri razlaga abrazijske procese, istega leta pa je uredil tudi nedokončano delo H. Newtona o hribovju Black Hills v Dakoti (Geology of the Black Hills of Dakota). Ukvarjal se je tudi z učinkom Ferrelovega zakona o deviaciji na rečne tokove. Pred smrtjo je objavil svoje najpomembnejše delo o prenašanju plavja v tekočih vodah (The transportation of debris by running water, 1914).

Gilbertova pronicljiva sposobnost je bila dedukcija in sinteza, iz česar je izvajal pomembne zakonitosti in hipoteze. Najodličnejši je bil v obravnavanju in razlagi mehanizma rečne erozije, predvsem v teoriji ravnotežja (*concept of grade*) ali dinamičnem prilagajanju. Po njem je lahko reka v stanju, ko teče hitro in ima več energije kot jo porabi za transport suspendiranega gradiva in zato erodira. V nasprotnem primeru, kadar teče počasi, mora odlagati gradivo. Če pa reka niti ne erodira, niti ne sedimentira, je v *ravnotežnem* stanju (*graded river*), kar je končni cilj, h kateremu teži vsaka reka.

Najbolj znan je postal s svojim delom Report on the geology of the Henry Mountains (1877), kar je bilo prvo pomembno geološko delo o mehaniki rečnih procesov. Razlikoval je tri pglavitne fizikalne procese erozije: 1. preperevanje, 2. transport in 3. korozijo (erozijo), pri čemer razlaga način delovanja in vzroke za različno jakost vsakega med njimi. Podrobneje je tudi razlagal in razlikoval procese preperevanja (Chorley et al., 1964, 546–572).

Član Powellove raziskovalne skupine je bil tudi Clarence Edward Dutton (1841–1912). Študiral je na univerzi Yale, kjer se je najprej odlikoval v leposlovju. Njegov smisel za lepoto jezika se odraža tudi v slikovitih imenih za posamezne dele Velikega koloradskega kanjona, ki jih je imenoval Višnujev ali Šivin tempelj. Tako kot Powell je bil tudi Dutton častnik iz ameriške državljanske vojne. L. 1871 je srečal Powella, 1875 pa ga je ta poslal na terensko delo na Koloradsko planoto.

Prvi njegovi članki so obravnavali vprašanja vertikalnega premikanja zemeljske skorje (The causes of regional elevations and subsidences, 1871–72), kontrakcijske teorije (1874) in splošen fizikalni razvoj Zemlje (Critical observations on theories of the Earth's physical evolution, 1876). 1879 je postal vodja odseka za geološka raziskovanja na območju Kolorada. Postopoma je pripravljval svoje veliko delo Report on the geology of the high plateaus of Utah (1880) ter še dve drugi deli o območju Velikega koloradskega kanjona (The physical geology of the Grand Canyon district, 1880–81, in Tertiary history of the Grand Canyon region, 1882), vmes pa se je ukvarjal s seizmologijo in vulkanizmom. Prav on ima poleg Powella največ zaslug, da je postalo območje južnega Utaha tako znamenito za geologijo in geomorfologijo, saj je tam »paradiž za geologe«.

Tako kot Powell je bil sposoben slikovitih opisov in občudovanja narave. Enako je tudi zagovarjal antecedentni nastanek porečja Kolorada, ter domneval, da erozija in zniževanje površja povzročata razbremenjevanje zemeljske skorje, kar se bržkone pozna kompenzacijsko v njenem dviganju. Tako se je

v ZDA rodila *izostatična teorija* (1889), medtem ko je v Evropi to gledanje prevladalo šele po 1920. Njegovo gledanje na erozijsko bazo je podobno Powellovemu, vendar za nianso bližje teoriji Davisove peneplenizacije, saj je imel v geoloških prerezih Velikega kanjona in njegovih erozijskih diskontinuitetah, predvsem na meji med predkambrijem in paleozoikom, obilo dokazov za erozijsko zniževanje in peneplenizacijo. Razlikoval je tudi med neposrednimi učinki rečne erozije in učinki denudacije ter umikanjem pobočij (Chorley et al., 1964, 573–590).

S tem sta ameriška in svetovna geomorfologija dosegli novo ločnico v razvoju, obdobje vzpona Davisovega erozijskega cikla.

7. Literatura

- Chorley, R. J., A. J. Dunn, R. P. Beckinsale, 1964, The history of the study of landforms or the development of geomorphology. Vol. 1: Geomorphology before Davis. Methuen & Co Ltd, J. Wiley&Sons Inc. London. 648 str.
- Powell, J. W., 1961, The exploration of the Colorado River and its canyons. Dover Publications, Inc. New York. 400 str.
- Tinkler, K. J., 1985, A short history of geomorphology. Croom Helm. London, Sydney. 317 str.
- Walker, H. J., W. E. Grabau, The evolution of geomorphology. A nation-by-nation summary of development. John Wiley & Sons. New York. 539 str.