

Как образовался Гранд Каньон

Люхин А.М.



Гранд-Каньон (фото из открытых источников (<https://www.pxfuel.com/ru/free-photo-jokms>)).

- «- Дуэйн, тебе этот пейзаж ничего не напоминает?
- Напоминает. Гранд-Каньон, каким я увидел его десять лет назад.
- Интересно куда делись миллиарды кубометров горных пород, которые река выгрызла из земли Аризоны. В месте впадения реки Колорадо в океан должен быть остров, равный по объему Гранд-Каньону.
- А тебе, что, пейзаж чего-то напоминает?
- Да, напоминает огромный карьер по добыче полезных ископаемых. Сначала конечно были подрывные работы, а потом роторным экскаватором работали.
- Что ты Алекс. Этого не может быть, всем известно как образовался Гранд-Каньон.
- Это точно Дуэйн, это всем известно. Помнится несколько веков назад всем было известно, что земля плоская и стоит на трех китах. Ну а тех, кто сомневался в том, что поголовно известно всем, сжигали на костре».*

Отрывок из рассказа Алекса Харра «Гранд-Каньон-Grand Canyon - Национальные парки США» (<https://proza.ru/2016/07/30/101>)

Вступление

Типичный окружающий пейзаж на большей части плато Колорадо¹ в северной Америке представляет собой довольно унылую картину. Полупустынный высокогорный климат с малым количеством осадков дает о себе знать. Глинистая почва под ногами, редкие кусты травы. Еще не успевшей сформироваться сплошной растительный покров говорит нам о малом количестве воды и о геологической молодости этих ландшафтов (Рис. 1).



Рис. 1. Типичный полупустынный вид плато Колорадо. (автор [NonStopAggroPop](#)). Местоположение этого фото обозначено на Рис. 4 черным кружком с подписью Ф-1.

Однако, если в этой точке круговой фотосъемки повернуться от этого ландшафта на 180 градусов (Рис. 2), то перед ногами путешественника совершенно неожиданно развернется глубокий каньон, которого, по всем геологическим законам, здесь быть никак не должно. Посудите сами, ровная поверхность, никаких водотоков. Как видно по местоположению этой точки на карте (Рис. 4а), здесь вроде бы должны начинаться верховья небольшого ручья и только. Но факт остается фактом, каньон здесь есть, и он как-то образовался.



Рис. 2. Вид противоположной стороны того же кругового панорамного фото (Рис. 1). (Можете убедиться в этом сами, нажав на эту ссылку: <https://goo.gl/maps/2KgufcLrFYFd4thH7>).

Почти вся поверхность плато всеми своими природными проявлениями просто «кричит» нам об интенсивном размыве этой территории мощнейшими площадными водными потоками. Они встречаются как в виде больших проплешин интенсивно размытого до гладкой поверхности известняка, которым сложена ровная поверхность плато, так и в виде причудливой формы положительных: останцы, монументы, размывы вершины и склоны гор и холмов, и отрицательных: многочисленные каньоны разнообразных размеров и глубины, форм рельефа. И самым крупным из них является одно из 10-ти новых чудес природы – знаменитый Гранд-Каньон², который и будет предметом исследования этой статьи. Однако начнём мы обсуждение этой темы не с изучения самого каньона, а с рассмотрения окружающего его пространства, где, на наш взгляд, и сосредоточены главные следы, указывающие на причины и процесс его формирования.

1. Следы катастрофы

Начнем с самых красивых. Практически вся территория плато Колорадо несет в себе признаки интенсивного размыва. Именно поэтому здесь такое количество национальных парков с огромным количеством уникальных природных объектов: каньонов, ущелий, арок, каменных монументов и пр. В качестве иллюстрации на Рис. 3 приведены лишь наиболее известные (и типичные каждый в своем роде) из них: Волна (a, b), каньон Антилопы (c, d), арка Радужный мост (e, f) и Большой Хоган (g, h). Их местоположение на местности приведено на Рис. 4. Считается, что все они образовались миллионы лет назад под действием воды, дождя и ветра. С первым компонентом мы вполне согласны, но при этом отметим, что и Волна (The Wave) и Большой Хоган (Big Hogan) вообще никак непосредственно с водотоками не связаны, а через Каньон Антилопы (Antelope Canyon) и Радужный Мост (Rainbow Bridge) протекают лишь небольшие ручейки, пересыхающие летом. Конечно, за приписываемые им миллионы лет все могло измениться, но дело в том, что все эти объекты сложены из весьма непрочного песчаника, который по свидетельствам гидов, проводящих по ним экскурсии, разрушается на глазах. К примеру, именно по этой причине посещение Волны властями сильно ограничено, и туда специально не проложили дорогу, чтобы туристы её в ближайшие годы просто не «затоптали» (иначе она в скором времени просто превратилась бы в песок). По существующей точке зрения по поводу происхождения всех этих уникальных природных объектов ответ один – вода, дожди и ветер (в разных вариациях) за миллионы лет каким-то удивительным избирательным образом сотворили подобные формы. И то, что все они состоят из хрупкого песчаника, никого не смущает. Как не смущает и то, что вокруг этих объектов нет продуктов разрушения этих самых песчаников. И что подобные песчаники встречаются по всему миру, там так же имеются в наличии и вода и дожди и ветер, но подобные формы почему-то встречаются крайне редко, а здесь они расположены друг относительно друга чуть ли не в шаговой доступности.

Забегая немного вперед, скажем, что на наш взгляд, эти природные шедевры могли быть созданы только турбулентными завихрениями в мощных потоках воды движущейся с большой скоростью и несущей в себе большое количество мелких частиц, которые при размыве пород выступали в качестве хорошего абразива. И произошло это одновременно, быстро и относительно недавно, всего несколько тысяч лет назад.

Уже при первом взгляде на космическое изображение территории плато Колорадо (Рис. 4а), создается ощущение, что существующий рисунок рельефа и гидросети был размыв и «смазан» каким-то мощным геологическим процессом, как будто какой-то художник, для завершения картины, махнул по всей поверхности широкой кистью по диагонали справа налево. Такое сотворить мог только мощный водный поток, следы прохождения которого отчетливо видны и хорошо читаются на всей территории центральной части плато Колорадо (Рис. 4а, с). При этом большинство мелких деталей строения существующей ныне гидросети подчинены направлению с северо-востока на юго-запад, независимо от того, какое направление имеет основная долина или русло реки.

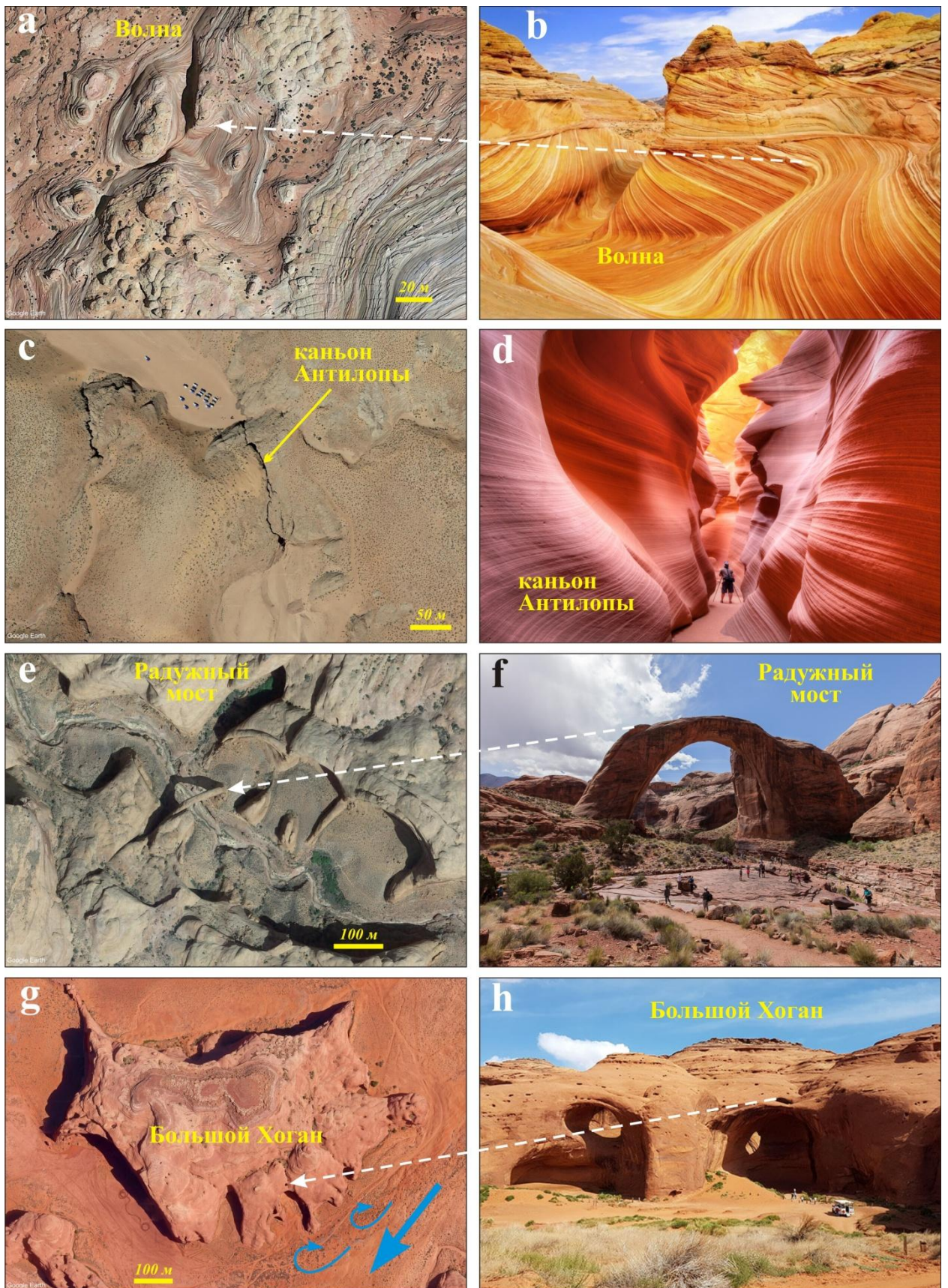


Рис. 3. Уникальные природные объекты плато Колорадо: Волна (а, b), каньон Антилопы (с, d), арка Радужный мост (е, f) и Большой Хоган (g, h). Слева – вид этих объектов на карте Google Earth, справа – фотографии (из открытых источников). Синие стрелки – направление водных потоков.

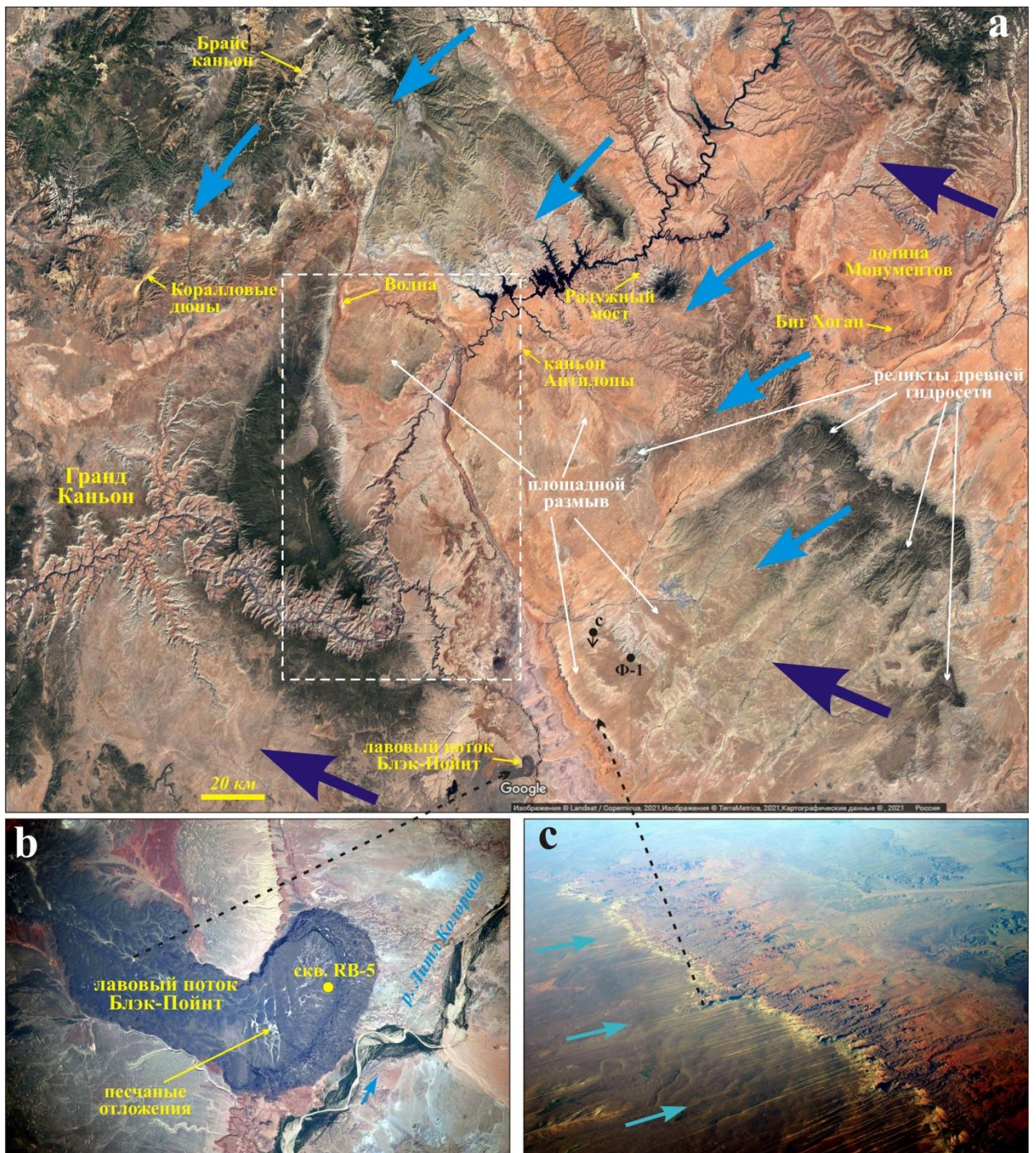


Рис. 4. Космическое изображение поверхности центральной части плато Колорадо с карты Google Maps (а), черный кружок с подписью «с» обозначает приблизительную точку съемки, а стрелка – направление съемки фотографии, приведенной на вкладке «с»; черный кружок с подписью Ф-1 показывает местоположение круговой фотографии на Рис.1 и 2; фиолетовые, синие и голубые стрелки показывают направление движения водных потоков; b – космический снимок лавового потока Блэк-Пойнт (автор: The NASA Expedition 20 crew, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Black_Point_Lava_Flow,_Arizona.jpg. с - фотография площадного размыва поверхности (автор: Pete Monk, <https://goo.gl/maps/atcuqxib7fdmKqb8>).

Очень характерным показателем интенсивной работы на этой территории мощных поверхностных водных потоков является наличие крупных реликтов «древней» гидросети, существовавшей здесь до размыва (темное пятно на востоке Рис. 4а). В отличие от современной, она была более густая и хорошо разработанная, что может свидетельствовать о более влажном климате, который был здесь в прошлом. И резким контрастом с ней смотрится голая размывтая поверхность без разработанной гидросети вокруг этих реликтов.

Вызывает вопрос и требует своего объяснения почти полное отсутствие террасовых отложений на всех реках в центральной части плато. Аллювиальные отложения в небольших количествах встречаются только непосредственно в руслах рек и ручьев. И это как раз те отложения, которые могли накопиться здесь за несколько тысяч лет, прошедших с момента катастрофы. А вот за миллионы лет при слаборасчлененном рельефе и сильно меандрирующих реках подобных образований должно было отложиться и накопиться огромное количество. Но сейчас их практически нет. А ведь раньше они были и это подтверждают данные бурения. В буровой скважине RB5 (Haines and Bowles, 1976) на лавовом потоке Блэк-Пойнт (Рис. 4а, b, 5) было установлено, что базальтовый поток имеет мощность 18 м (пятиэтажный дом), причем его верхняя часть 1,8 м сложена пузырьковыми базальтами. А ниже, до входа в коренные породы, находится 22,3 м речного песка и гравия (Рис. 5). Это говорит о том, что в недавнем прошлом, до извержения вулкана, коренные породы на этой территории не были обнажены, как сейчас, а покрыты толстым слоем аллювиальных рыхлых отложений, накопление которых закономерно должно было происходить на поверхности плато. Потом они каким-то загадочным образом с плато исчезли и в настоящее время подобных слоев аллювия в центральной и западной части плато не наблюдается.

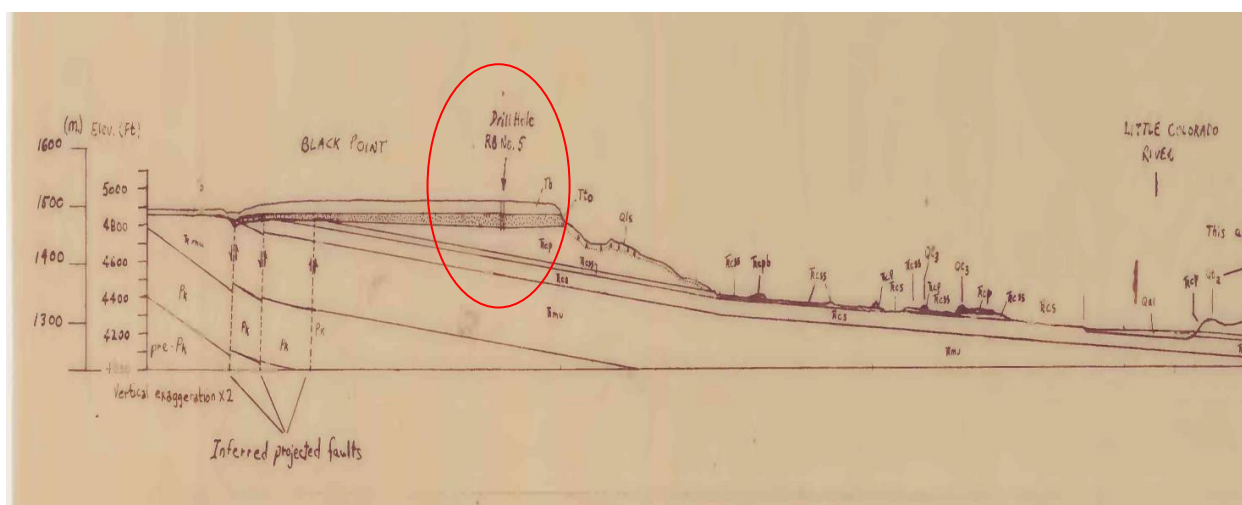


Рис. 5. Поперечный разрез с запада на восток левого борта долины р. Колорадо (из отчета Haines and Bowles, 1976), показывающий буровую скважину RB № 5 (обведена красным овалом), которая пересекала гравий древней террасы р. Литл-Колорадо (пачка T₆₀, пунктир) под базальтовым потоком Блэк-Пойнт (T_b) и вошла в слой коренных верхнетриасовых пород формации Чинл на высоте 1462 м. Местоположение скважины на местности показано на Рис. 4б.

Лавовый поток Блэк Пойнт (Black Point) является частью вулканического поля Сан-Франциско в Аризоне, состоящего из группы геологически молодых (примерно от шести миллионов до менее тысячи лет) вулканов, потоков лавы и шлаковых конусов, расположенных к северу от Флагстаффа, штат Аризона. Возраст потока определенный по пробе базальта по данным (Karlstrom, 2016), отобранной в 1 метре от кровли потока по данным анализа $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ составил 890 ± 20 тыс. лет назад. При этом в той же статье приведены данные о том, что в более ранних исследованиях возраст потока Блэк-Пойнт оценивали в 2,43 млн лет. (Обратим в очередной раз внимание на разброс датировок. Вообще-то эта разница в результатах анализов одних и тех же базальтов в 1.5 млн лет ставит под большой вопрос применимость этого метода для определения абсолютного возраста. Ведь получается, что сама разница сопоставима с определяемым возрастом. Было 2.5 млн лет, позже перемерили – стало 900 тыс. лет, а какая дата получится в другой раз?).

Между тем еще отметим, что на самом базальтовом лавовом потоке наблюдаются локальные скопления песчаных отложений (Рис. 4б), которые мог занести туда только мощный водный поток. И произойти это могло уже только после извержения этого потока на поверхность.

Еще один момент, на который следует обратить внимание, это кардинальная перестройка гидросети, произошедшей здесь во время катастрофы. Одним из ярких примеров такой перестройки служит долина среднего течения р. Колорадо³ от Лис Ферри⁴ до устья реки Литл-Колорадо. Обычно угол между генеральным направлением русла реки и направлением русла

притока в приустьевой части составляет менее 90° , что вполне согласуется с эрозионным характером морфологии земной поверхности. Однако здесь мы видим совершенно иную картину. На Рис. 6а видно, что притоки реки текут в противоположную сторону по отношению к основному руслу. Создается впечатление, что река на этом отрезке раньше текла в обратном направлении – на север. Скорее всего, это было продолжение «допотопного» русла р. Литл-Колорадо, повернутое вспять и ставшее, в итоге, фрагментом русла р. Колорадо. Произошло то, что американские геологи называют словом «piracy» (пиратство) – захват русла одной реки другой. О том, почему и как это произошло, мы дадим ответ чуть позже, а пока отметим, что произошло это внезапно и совсем недавно, так как современный рисунок гидросети, адаптированный к сложившейся геоморфологической ситуации еще не сформировался, а следы прежней гидросети еще отчетливо видны. Так, на Рис. 6б видно, что практически все ручьи, начиная от самой бровки каньона, текут в противоположном от него направлении, на восток и впадают в р. Литл-Колорадо. Кроме того создается впечатление, что они этой бровкой просто обрезаны. Похожую картину мы видим на Рис. 6в, на котором показан линейный уступ юго-западного направления. Очень показателен характер изменения рисунка гидросети по разные стороны от этого уступа. Как видно на изображении, на поверхности его верхней юго-восточной стороны рисунок гидросети читается отчетливо. А на линии уступа он обрывается, так как северо-западная сторона была размыта водными потоками.

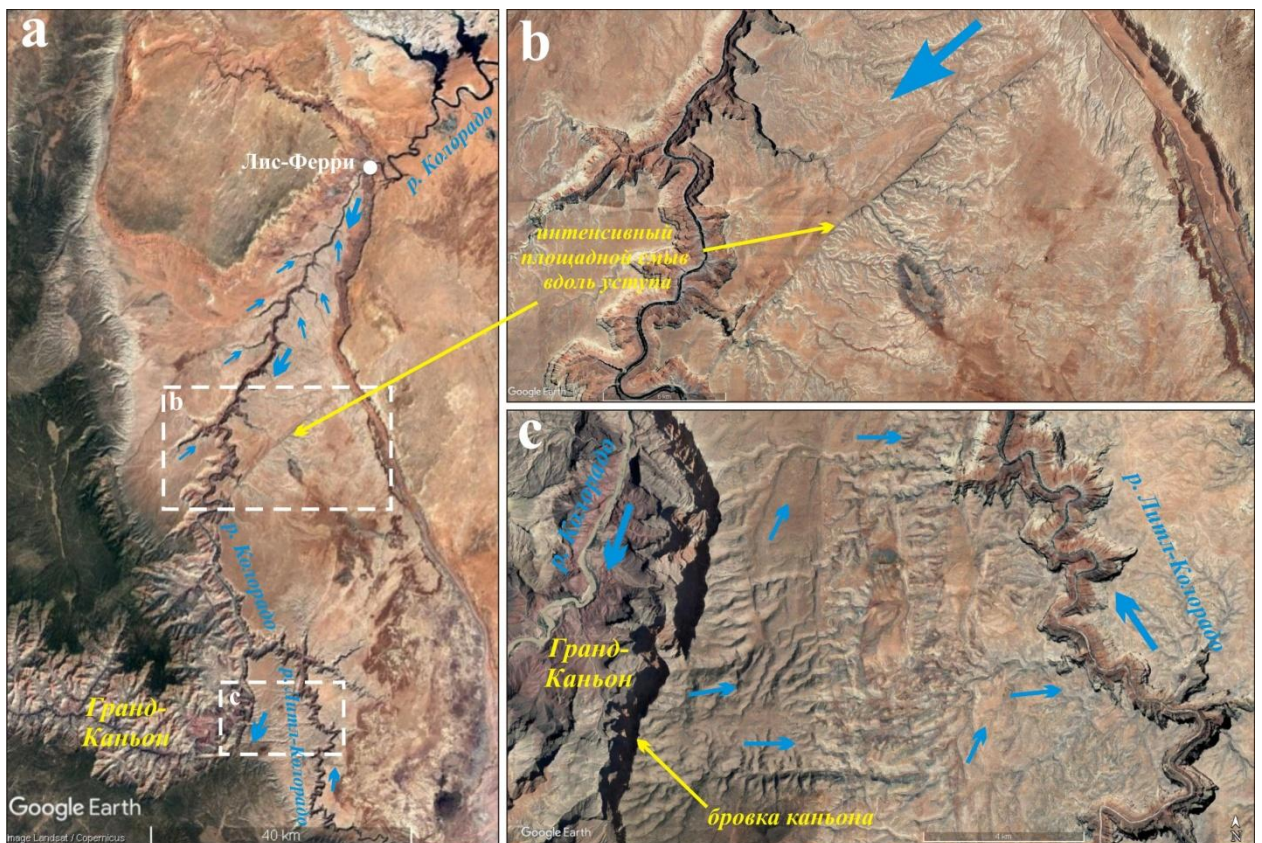


Рис. 6. Примеры перестройка речной сети в среднем течении р. Колорадо (синие стрелки на вкладках а и с показывают направление течения рек и ручьев, а на вкладке б – водных потоков).

Нам утверждают, что уникальные объекты плато Колорадо созданы эрозией, то есть посредством перепада температур, сезонных осадков и ветра. Хорошо, допустим, что это так, но тогда необходимо ответить на вопрос – а куда же тогда делись продукты этой самой эрозии? Где та масса рыхлых отложений, которая должна была здесь накопиться за миллионы лет? Возьмем, к примеру, Долину монументов - возвышенную равнину, являющуюся частью плато Колорадо (Рис. 7). Считается, что верхний слой равнины, состоящий из мягких осадочных пород, был полностью разрушен и над ровной пустынной поверхностью остался ряд скал-останцев, сложенных из менее податливого к выветриванию красного песчаника. Но почему-то еще никто не дал ответ на вопрос, а куда делась эта гигантская масса рыхлых пород, которая широким шлейфом должна окружать эти монументы и заполнять пространство между ними. Рек здесь не протекает. Снега тоже выпадает не много, чтобы говорить о мощных паводках. Так куда и каким образом всё это делось?



Рис. 7. Долина монументов (автор: Moritz Zimmermann - собственная работа, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=166401>).

Посмотрите на поверхность плато вокруг каньона на фотографии (Рис. 8) – она буквально «вылизана», на ней нет ни одного крупного валуна, холма или останца. Такую работу по «очистке территории от мусора» мог совершить только мощный водный поток, прокатившийся по всей поверхности плато и смывший все рыхлые породы, оставив после себя только чистую каменистую поверхность.



Рис. 8. Восточная часть Гранд-Каньона (автор: MONOCHROMICA, <https://monochromica.livejournal.com/195914.html>).

Эрозионные процессы преобразуют окружающее пространство равномерно, тем более, если это пространство имеет слаборасчлененный рельеф и сложено однотипными по физическим свойствам породами. А плато Колорадо как раз и сложено преимущественно горизонтально залегающими осадочными горными породами. И если бы это была обычная поверхностная эрозия, длящаяся на протяжении млн. лет, то никаких монументов, арок, каньонов, пещер на плато не было бы, а мы сейчас наблюдали бы только пологую равнину, покрытую толстым слоем рыхлых отложений с отдельными холмами песка и щебня на ней.

Так что же за сила «почистила» эти пространства, оставив нам на обозрение эти уникальные природные объекты во всей красе. По нашему мнению это могли сделать только мощные площадные водные потоки (мегацунами), прокатившиеся по этой территории в недавнем прошлом, смывшие с неё рыхлые породы и, одновременно с этим, создавшие эти объекты во время своего движения в процессе интенсивного размыва осадочных пород. А причиной появления этих потоков на плато Колорадо послужила глобальная космогенная катастрофа - падение крупного космического тела в северную Атлантику.

2. Первопричина произошедших изменений

Около 2800 лет назад на нашей планете произошла [глобальная катастрофа](#). Крупный астероид диаметром около 10 км, летевший по направлению с юго-востока на северо-запад, столкнулся с Землей в районе Бермудского треугольника в северной Атлантике (Рис. 9).



Рис. 9. Схематическая иллюстрация падения астероида в Атлантический океан. Белые стрелки показывают направление полета астероида; стрелки бирюзового цвета указывают основные направления движения водных потоков.

Отличительной особенностью этого столкновения явилась очень пологая траектория полета астероида по отношению к поверхности Земли, вследствие которой длительный полет в плотных слоях атмосферы привел к его значительному аэродинамическому разрушению и перед падением в океан он представлял собой не единый ударник, а рой разнокалиберных обломков диаметром в несколько сотен километров. Верхняя часть этого роя долетела до восточного побережья и подвергла его интенсивной ковровой бомбардировке. Ярким свидетельством тому является образование более 500 000 овальных кратеров Каролина бэйс на восточном побережье США на площади более 200 000 кв. км. Падение астероида, передавшее колоссальную кинетическую энергию водам океана, привело к образованию и выбросу в атмосферу большого количества водяного пара, пыли и различных микрочастиц, разлетевшихся на тысячи километров, и впоследствии осажденных на поверхности планеты в виде слоя blackmat⁵. Но осаднение произошло потом, а сначала вслед за бомбардировкой побережья на североамериканский континент обрушилась серия постепенно затухающих мегацунами. Мощные водные потоки из Атлантики прокатились практически по всей территории Северной Америки (за исключением её высокогорных северо-западных областей), размывая и унося в себе громадные объемы рыхлого материала. Именно они выровняли поверхность восточных предгорий Скалистых гор, превратив их в Великие Равнины, и залили солеными морскими водами Большой Бассейн, оставив после себя Большое Соленое озеро и множество более мелких соленых озер и солончаков. Такую же впечатляющую работу они проделали и на плато Колорадо, очистив его от рыхлых отложений и

одновременно с этим сотворив огромное количество экзотических форм рельефа, часть из которых была описана в предыдущем разделе и «жемчужиной» которых, несомненно, является Гранд-Каньон.

Высокогорных районов Юго-Запада смогла достичь лишь первая волна мегацунами, исходя из этого мы можем представить следующую картину движения водных потоков по плато Колорадо (Рис. 10).

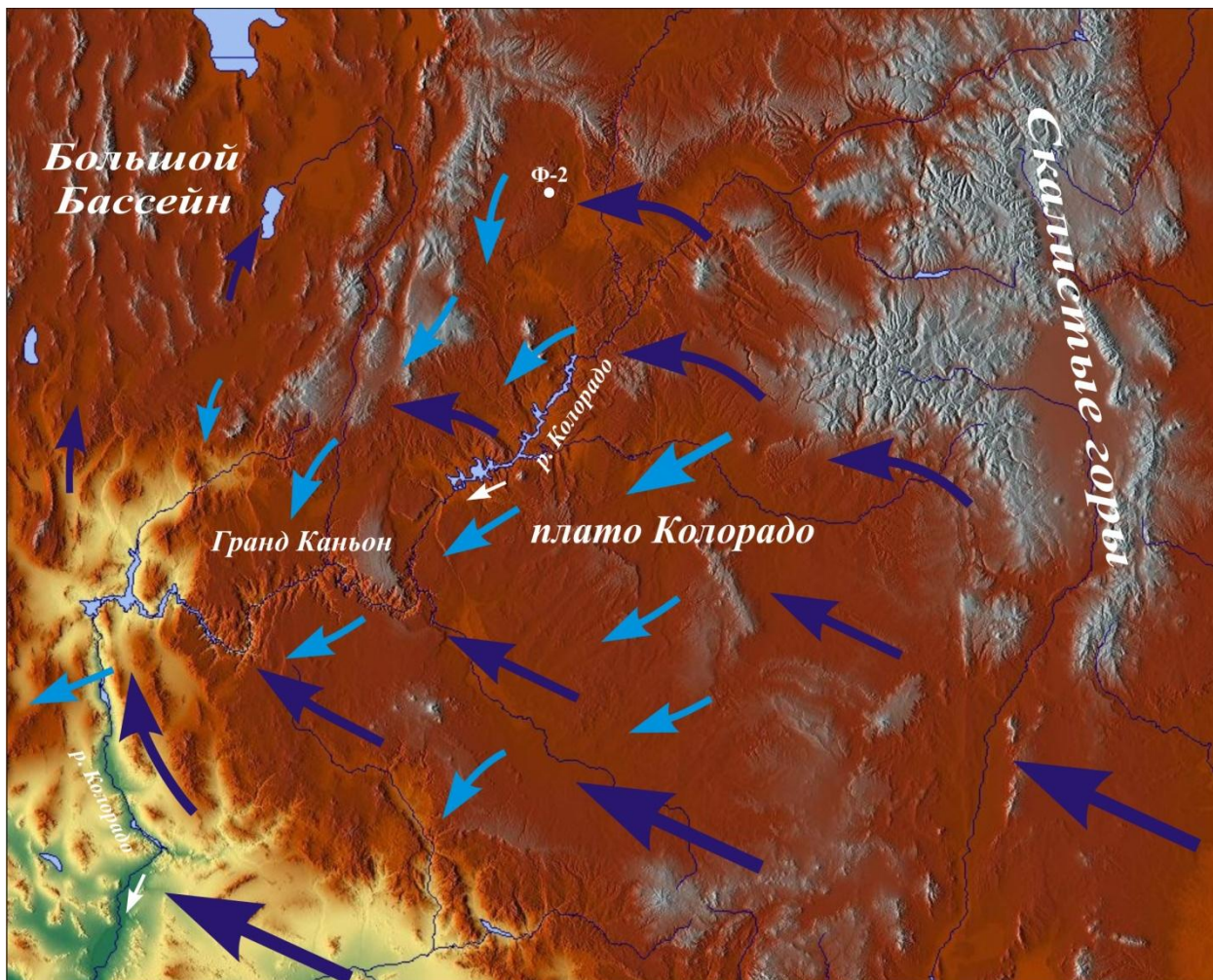


Рис. 10. Схема прохождения водных потоков по плато Колорадо на карте рельефа (<https://maps-for-free.com>). Здесь и далее фиолетовыми стрелками показаны направления движения первичных потоков от очага мегацунами, а голубыми – «обратные» водные потоки. Белая точка с подписью Ф-2 показывает местоположение круговой фотографии на Рис.11.

Мощные первичные потоки северо-западного (далее – СЗ) направления во время своего движения по плато смыли и унесли с собой почти весь рыхлый материал, накопленный на нем за долгую историю. При этом они вели себя в разных частях плато по-разному. На юге и в центре плато они быстро пересекли его в СЗ направлении, затем перебрались на территорию Большого Бассейна, залили его, и, далее, потеряв мощность, излишки воды начали скатываться оттуда либо на север на Колумбийское плато, либо обратно в сторону Калифорнийского залива. А потоки в северной части плато, встретив на границе плато с Большим Бассейном препятствие в виде западных отрогов Скалистых гор, начали поворачивать на юго-запад вдоль отрогов этих гор. Наиболее мощная фронтальная часть потока прошла по юго-восточному склону этих гор, частично размыв их (так образовался Брайс-Каньон) и отправилась по направлению к Гранд-Каньону. А потоки, следующие за этим фронтом, сначала затормозились, а затем тоже повернули в юго-западном (далее – ЮЗ) направлении. Они уже не обладали такой энергией чтобы, например, вскрыть мощный пласт известняков, но для размыва и выноса более рыхлых пород её было вполне достаточно. В итоге, они повторно прошли по центральной и западной части плато, но уже в другом направлении, частично смыли следы предыдущих потоков, поэтому следы ЮЗ

направления более отчетливо читаются на его современной поверхности. И в завершение этого процесса заполнили водой всю равнинную часть плато, а её излишки скатились с плато вниз в сторону Тихого океана. Отметим, что большая часть смытых с плато рыхлых пород была отложена уже за его пределами, создав тем самым еще одно уникальное природное образование на юго-западе Северной Америки - пустыню Мохаве.

В качестве примера малой скорости (торможения) потоков на севере плато на Рис. 11 приведена фотография поверхности в северной части плато. Как видно на ней, по сравнению с долиной монументов (Рис. 7), все склоны здесь покрыты толстым шлейфом рыхлых отложений, как и вся поверхность долины вокруг них. Это говорит о том, что вода здесь недавно была (об этом свидетельствует почти полное отсутствие почвенного слоя и растительности), но она была практически стоячая и смогла лишь «размочить» коренные осадочные породы на этой территории до рыхлого состояния.



Рис. 11. Характер поверхности на севере плато Колорадо. (местоположение приведено на Рис. 10 – точка Ф-2). (Фрагмент фото, автор: [Austin Wilkins, https://goo.gl/maps/hAXzMaGxm9WSFiYD9](https://goo.gl/maps/hAXzMaGxm9WSFiYD9))

На этом мы заканчиваем обзор следов интенсивного размыва этой территории и причин, объясняющих, что, почему и как это здесь произошло, и переходим к главному объекту нашего исследования – Гранд-Каньону, одному из наиболее своеобразных и ярких проявлений этой катастрофы. При этом отметим, что именно эти, описанные выше водные потоки, сыграли в формировании Гранд-Каньона определяющую роль.

3. Гранд-Каньон – что мы знаем о его происхождении



Рис. 12. Гранд-каньон с высоты птичьего полета.

(<https://monochromica.livejournal.com/195914.html>)

Многие, не связанные профессионально с этой тематикой люди, полагают, что проблема происхождения Гранд-Каньона давно и успешно учеными решена. Однако это далеко не так. Возраст, причины и процесс образования Гранд-Каньона до сих пор остаются загадкой. На протяжении 150 лет геологи размышляли о процессах, формирующих каньон, но так и не пришли к однозначным выводам. Давайте посмотрим, что сейчас известно о его происхождении.

3.1. Общепринятое мнение или что думают об образовании каньона геологи

Научная конференция, состоявшаяся в 2010 году во Флагстаффе, США, штат Аризона, собрала 70 ученых, которые участвовали в интенсивных дебатах о происхождении и эволюции системы реки Колорадо. Этот симпозиум, явившийся продолжением двух предыдущих научных конференций (1964 и 2000 гг.), был сосредоточен на достижении научного консенсуса, где это возможно, в вопросе происхождения Гранд-Каньона и продолжающихся споров относительно кайнозойской эволюции реки Колорадо и ландшафтов плато Колорадо и Скалистых гор, которые она дренирует. Новые разработки включали гипотезы о том, что неогеновый мантийный поток вызывает наклон плато и дифференциальное поднятие, а также новые и противоречивые гипотезы о существовании и эволюции древних рек ранее 6 млн. лет назад, которые могут иметь важное значение в истории и рождении нынешней реки Колорадо. Существует консенсус в том, что модели наклона и подъема плато должны быть проверены с помощью многопрофильных исследований, включающих дифференциальные исследования разрезов и дополнительную геохронологию и термохронологию, чтобы определить относительную значимость тектонических и геоморфических сил, которые формируют впечатляющие пейзажи плато Колорадо, Аризоны и региона. В отчетном докладе по результатам конференции было заявлено, что эта встреча позволила им лишь продвинуться к консенсусу по основным 13-ти темам (направлениям) в

изучении формирования и эволюции реки Колорадо, плато Колорадо и Гранд-Каньона, в частности. Ещё по 12 направлениям противоречия и споры продолжаются и были намечены 14 основных направлений будущих работ. В дополнение к научным целям участники встречи подчеркнули культовый статус Гранд-Каньона для наук о Земле и важность хорошего взаимодействия между исследовательским сообществом, сообществом геолого-геофизического образования, общественностью и средствами массовой информации. Материалы этой конференции находятся в открытом доступе по адресу: <https://pubs.usgs.gov/of/2011/1210/>.

В настоящее время существует две модели образования Гранд-Каньона (далее в тексте – ГК), которые поддерживаются разными группами ученых. «Древняя» модель предполагает, что палеорека протекала по этой территории 70-80 млн. лет назад в восточном направлении и заложила основу каньона, а затем другая палеорека из Аризоны 55-30 млн. лет назад врезалась в него на том же участке и размывала на ту же глубину, как у современного ГК. А намного позже этот заброшенный палеоканьон был повторно использован современной рекой Колорадо, протекающей на запад, когда её дренаж был интегрирован в Калифорнийский залив. Согласно этой гипотезе река Колорадо не играла значительной роли при образовании ГК. Напротив, большинство «молодых» моделей каньона предполагают, что большая часть Гранд-Каньона была вырезана рекой Колорадо со времени ее формирования 5–6 млн. лет назад.

Общепринятое на данный момент мнение, сформулированное на конференции 2010 года и учитывающее обе эти позиции, гласит, что Гранд-Каньон был образован рекой Колорадо, текущей на запад в последние 5-6 миллионов лет, объединившей более древние палеоканьоны, которые были повторно использованы и углублены, как только река образовала своё нынешнее русло. На Рис. 13 показана карта Гранд-Каньона, примерно отражающая этот консенсусный вариант, так как споры относительно возрастов отдельных сегментов еще продолжаются.

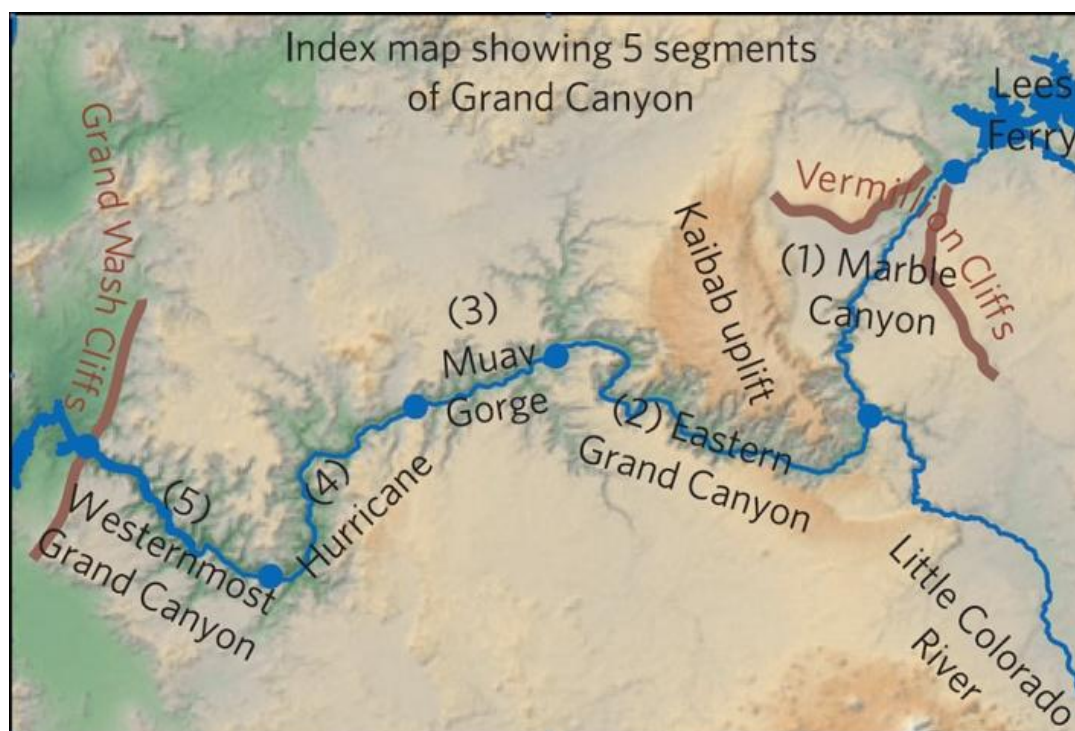


Рис. 13. Карта Гранд-Каньона, показывающая его разновозрастные сегменты: (1) Марбл-Каньон (<6 млн. лет); (2) Восточный Гранд-Каньон (25–15 млн. лет); (3) Ущелье Муав (нет данных); (4) сегмент разлома Харрикейн (65–50 млн. лет); и (5) Западный Гранд-Каньон (5–6 млн. лет) (из статьи Karlstrom et al., 2014).

Главной причиной, приведшей к образованию Гранд-Каньона, большинство ученых считает не поверхностные процессы, а тектонические подвижки, связанные с активностью в верхней

мантии. И связано это в значительной мере с выявленным фактом интенсивного врезания реки Колорадо на протяжении от начала становления её речной системы до нашего времени.

Так, Р. Кроу с соавторами пишет (Crowe et al., 2014): «...новая геохронология с высоким разрешением показывает устойчивый во времени долгосрочный врез на любом заданном участке Гранд-Каньона, но значительные изменения по его длине от 160 м/млн лет на востоке до 101 м/млн лет на западе. Пространственные и временные модели разрезов и длительная шкала устойчивых разрезов исключают модели, в которых геоморфологические элементы влияния, такие как колебания климата, прочность коренных пород, эффекты нагрузки наносов или изостатическая реакция на дифференциальную денудацию, являются движущими силами первого порядка врезания каньона. Картина врезки лучше всего объясняется моделью неогенового и продолжающегося эпейрогенного подъема из-за распространяющейся на восток зоны повышенной плавучести верхней мантии (Рис. 14), которую мы предполагаем в результате распространения неогенового базальтового вулканизма и сильного латерального градиента в современной сейсмической структуре верхней мантии».

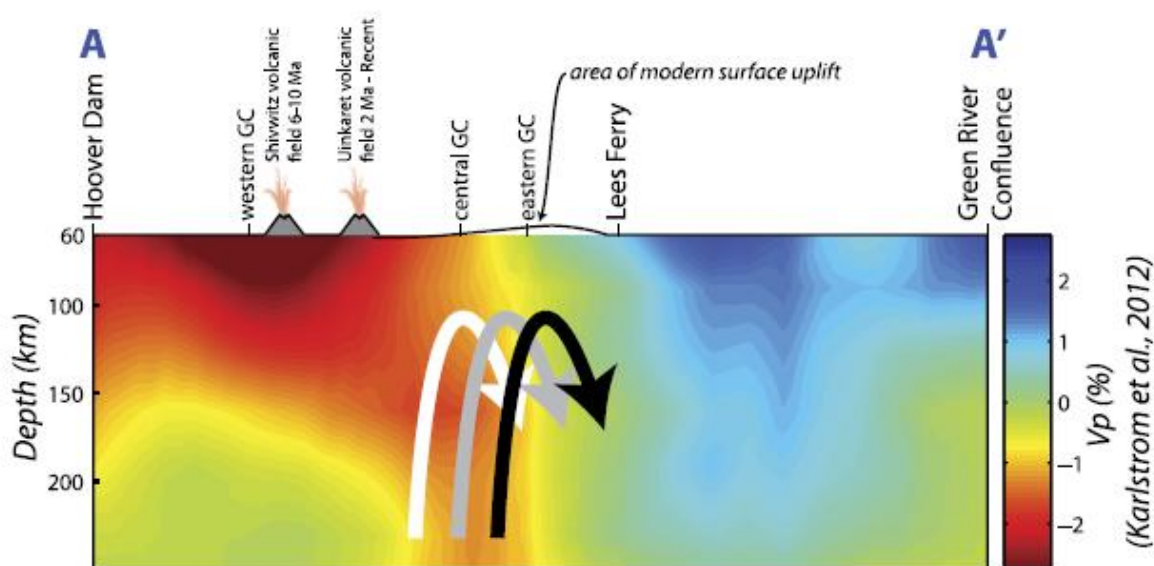


Рис. 14. Томографический разрез, показывающий мигрирующую границу мантии, которая, возможно, вызывает поднятие. Черная, серая и белая стрелки показывают область изменения плавучести в голоцене, позднем миоцене и среднем миоцене соответственно (из статьи Crowe et al., 2014).

Главный постулат, положенный в основу многомиллионлетних гипотез образования ГК, основан на тепловой эволюции осадочного бассейна, каковым является верхняя часть плато Колорадо. Он подразумевает, что при глубоком врезании каньона произошло остывание окружающих пород, и время, начавшееся с момента остывания при достижении определенной температуры, фиксируется в зернах апатита либо по трекам деления (АFT-метод), либо по относительной концентрации ^4He (АНе-метод). Это радиоизотопные методы определения абсолютного возраста процессов, которые широко используют в низкотемпературной термохронологии. При этом зона частичного отжига для апатита составляет 60 – 110°C, а интервал постепенного прекращения диффузии гелия в нём - 30–90°C. Считается, что эти температуры могут быть связаны с глубиной залегания вскрытых пород на глубинах 1–5 км, в зависимости от предполагаемых геотермических градиентов и температуры поверхности, таким образом, ограничивая время охлаждения горных пород из-за врезания каньона.

Давайте немного углубимся с суть этих методов и попробуем разобраться насколько обоснована уверенность ученых в столь древнем возрасте Гранд-Каньона.

3.2. Проблема датировок

Чтобы было понятно, о чем идет речь, погрузимся немного в теоретические основы трекового датирования. Ниже курсивом приведено сокращенное описание этого метода из автореферата докторской диссертации А.В. Соловьева (Соловьев, 2005).

«Метод трекового датирования (fission-track dating (FTD-метод)) - метод определения возраста минералов, основанный на подсчете плотности треков осколков спонтанного деления ядер урана (^{238}U), накапливающихся в минерале в ходе геологической истории. Подсчет треков в минералах проводится при помощи оптического микроскопа (увеличение 1250x и выше), так как их размер может быть увеличен путем химического травления определенным реагентом.

При делении ядер высвобождается несколько нейтронов, которые разлетаются в противоположном направлении с большой скоростью и несут высокий положительный заряд. При прохождении через твердое вещество заряженная частица оставляет нарушение на атомном уровне, ориентированное вдоль траектории ее движения. Эти нарушения называются ядерными треками (Рис. 15), а материал, в котором регистрируются треки, - детектором.

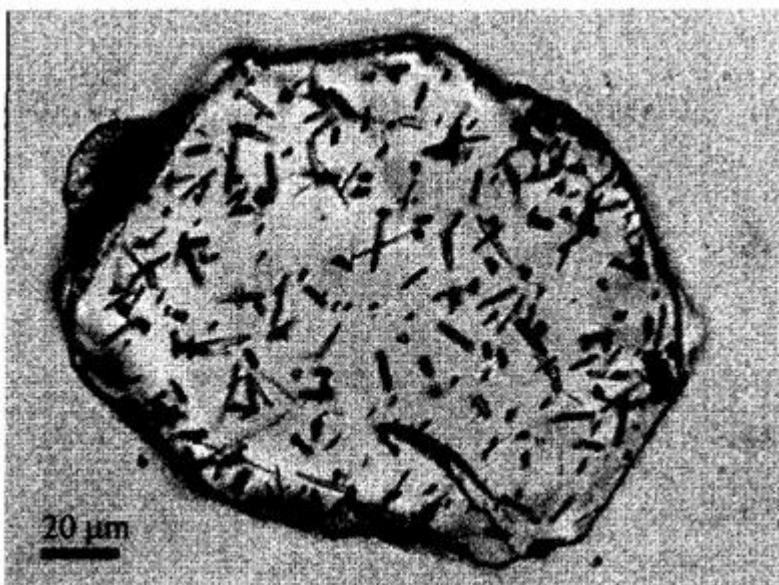


Рис. 15. Треки спонтанного деления урана (^{238}U) в природном кристалле апатита, увеличенные путем химического травления HNO_3 .

Развитие методов изотопной геохронологии привело к появлению понятий - истинный возраст, кажущийся возраст и температура закрытия изотопной системы. Истинный возраст породы (минерала) соответствует интервалу времени между ее формированием и настоящим временем. Кажущийся возраст - это возраст породы (минерала), полученный каким-либо изотопным методом и отличающийся от истинного возраста. Температура закрытия (или температура блокирования) изотопной системы - это температура, при которой скорость потерь того или иного изотопа за счет диффузии становится незначительной по сравнению со скоростью его накопления. Значение кажущегося возраста, измеренное при датировании, представляет собой промежуток времени с момента, когда исследуемый минерал последний раз остыл ниже температуры закрытия изотопной системы, при условии, что с этого момента изотопная система оставалась закрытой. Разные изотопные системы в различных минералах и породах имеют разные температуры закрытия.

Различные геологические параметры, такие как температура, время, давление, гидротермальное воздействие, ионизирующая радиация, могут разрушать треки спонтанного деления урана в кристаллах. Главным фактором является температура. Чем больше времени

выдерживается образец, тем при меньшей температуре происходит отжиг трек. Исчезновение трек не происходит моментально, отжиг трек - это градиентный процесс. В наиболее общем виде зона частичного отжига для апатита определяется как $60 - 110^{\circ}\text{C}$ ($\pm 10^{\circ}\text{C}$), для циркона $240^{\circ}\pm 50^{\circ}\text{C}$. Увеличение термальной стабильности трек происходит в следующем порядке: апатит - циркон - сфен. На свойства отжига апатита влияет его химический состав. Например, треки в хлорсодержащем апатите более устойчивы, чем во фторсодержащем апатите. В процессе отжига уменьшается не только плотность трек, но и уменьшается их длина. Изучение длин трек в апатите очень важно для правильной интерпретации данных.

Трековый возраст, в физическом значении, - это период времени, в течение которого происходило накопление трек в кристалле. Нужно иметь в виду четкое различие между «физическим измерением» и «геологической интерпретацией» трековых возрастов. Интерпретация трековых возрастов не всегда тривиальна и требует тщательного анализа, как полученного материала, так и учет разнообразных геологических факторов.

Современные исследования, использующие трековый анализ, направлены на определение возраста разрезов, лишенных фауны, реконструкцию источников сноса терригенного материала, изучение эксгумации орогенных поясов и установление термальной истории осадочных бассейнов. Трековое датирование применимо для изучения динамики тектонических процессов (аккреция, коллизия, эксгумация) путем количественной оценки времени и скорости их развития. Трековый возраст отражает время остывания минерала ниже определенного порога или температуры закрытия. В этом смысле, трековые возрасты соответствуют времени формирования для быстро остывших вулканических пород (возраст извержения) или отражают время остывания медленно поднимающихся с глубин пород (возраст эксгумации).

Детритовая^б термохронология - это методика, которая позволяет оценивать возрасты остывания пород в источниках сноса на основании изучения трековых возрастов детритовых минералов из осадочных разрезов. Главное достоинство детритовой термохронологии состоит в том, что эта методика позволяет проследить во времени связь между тектоническими процессами и седиментацией. Треки в апатите устойчивы только в приповерхностных условиях при температуре ниже 60°C .

Вторым методом, который также широко используется для вычисления абсолютного возраста является уран-торий-гелиевый ((U-Th)/He) метод. Это метод изотопного датирования, в основе которого лежит явление генерации изотопа ^4He в радиоактивных рядах и его накопление в минералах, содержащих уран и торий. По соотношению радиогенного гелия и радиоактивных ^{238}U и ^{232}Th можно рассчитать время, когда, в связи с понижением температуры минерала до определенных значений, диффузия гелия прекращается и начинается его накопление в минерале-детекторе.

Именно эти два метода (применительно к апатиту они называются AFT и AHe) являются основными методами определения абсолютного возраста основных этапов геологической истории плато Колорадо и формирования ГК, а в качестве детектора используются детритовые зерна апатита из разного типа пород.

Как пишет S. A. Kelley с соавторами в статье «A Summary and Evaluation of Thermochronologic Constraints on the Exhumation History of the Colorado Plateau–Rocky Mountain Region» (см. в материалах конференции - Beard et al., 2011): («... мы исследуем относительную важность каждого «эпизода» эксгумации в различных субрегионах с использованием низкотемпературной термохронологии, которая регистрирует охлаждение горных пород до $110-60^{\circ}\text{C}$ (AFT) и $70-40^{\circ}\text{C}$ (AHe). Преобразование этих данных в палеоглубины и величину эксгумации требует предполагаемых палеогеотермических градиентов. Принимая во внимание множество ограничений при оценке геотерм и температур закрытия, мы используем $20-25^{\circ}\text{C} / \text{км}$ как

вероятный геотермический градиент для плато Колорадо в период от позднего мела до кайнозоя. Следовательно, $110\text{ }^{\circ}\text{C} = 4\text{--}5\text{ км}$ глубина залегания для АFT возрастов около основания зоны частичного отжига (PAZ), $60\text{--}110\text{ }^{\circ} = 3\text{--}4\text{ км}$ глубины для АFT возрастов в пределах их PAZ, $40\text{--}70\text{ }^{\circ}\text{C} = 2.5\text{--}3\text{ км}$ глубина для АНе от частичного до полного удерживания его в апатите. Скорости эксгумации аппроксимируются регрессивными пересечениями возраст-высота, без каких-либо предположений об эволюции геотерм или переменных температур закрытия, но с допущением устойчивых геотерм и полуоднородных температур закрытия в течение периода времени».

Как можно заключить из вышесказанного, основным «фундаментом» на который опираются и делают свои построения и реконструкции авторы как «древней», так и «молодой» модели образования ГК являются данные низкотемпературной термохронологии по апатиту. Абсолютный возраст врезания ГК определяется главным образом двумя методами: по трекам деления апатита (АFT), которые обеспечивает ограничения по охлаждению для температур $60\text{--}110\text{ }^{\circ}\text{C}$, и которые перекрываются с ограничениями датирования по диффузии гелия в апатите для температур $40\text{--}70\text{ }^{\circ}\text{C}$ (в других статьях приводится интервал - $30\text{--}90\text{ }^{\circ}\text{C}$). В своих термохронологических реконструкциях они предполагают, что над современной поверхностью плато еще залегал толстый слой пород мощностью от 1.5 до 4 км, который был дренирован на протяжении 80-ти млн. лет существования самого плато.

Мы не будем здесь обсуждать возможности и ограничения (которых достаточно много) этих методов термохронологии для палеореконовструкций эволюции осадочных бассейнов. Нас интересует лишь один вопрос, а насколько обоснована прямая связь образования ГК с треками и гелием в зернах апатита. Ведь, если отвлечься от научных рассуждений, получается, что возраст ГК определяют исключительно по «чёрточкам» в кристаллах апатита приведенным на Рис. 15.

Только представьте, сколько допусков заложено изначально в детритовой термохронологии и сколько факторов влияют на достоверность её результатов. Они абсолютно не учитывают где, в чем, как и когда первично образовались эти кристаллы апатита и историю их появления в осадочных породах Гранд-Каньона. Эти методы построены на идеализированной картинке того, что предполагает увидеть исследователь. В них принимается, что после нагревания кристалла свыше $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ его старая история полностью нивелируется, и перед микроскопом предстает практически заново рожденный кристалл, но так в природе не бывает. Несмотря на регенерацию кожи, шрамы на теле человека не зарастают без следа. Но даже это не так важно. Есть много других вариантов. К примеру, эти кристаллы с момента своего образования вообще могли не нагреваться до температуры выше $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, и та история, что записана в треках (или концентрации гелия), говорит совсем о другом. Разве не может оказаться, что непосредственной связи образования ГК и тепловой эволюции пород плато Колорадо просто нет. Допустим, породы просто остывали по каким-то другим причинам, и остыли в своё время. И врезание ГК к этому не имеет никакого отношения, тем более может статься, что его тогда здесь даже не намечалось. О чём, к примеру, могут говорить возрасты западной части ГК, показанные на Рис. 16? Это как раз данные сторонников «древней» модели образования ГК. На наш взгляд, наиболее вероятно, только о том, что как раз в это время 70-80 млн. лет назад началось резкое поднятие плато Колорадо и, естественно, породы в этой его части начали остывать первыми, как самые близко расположенные к его краю. А в восточной части остывание произошло на десятки миллионов лет позже. Вот и всё. И причем здесь ГК?

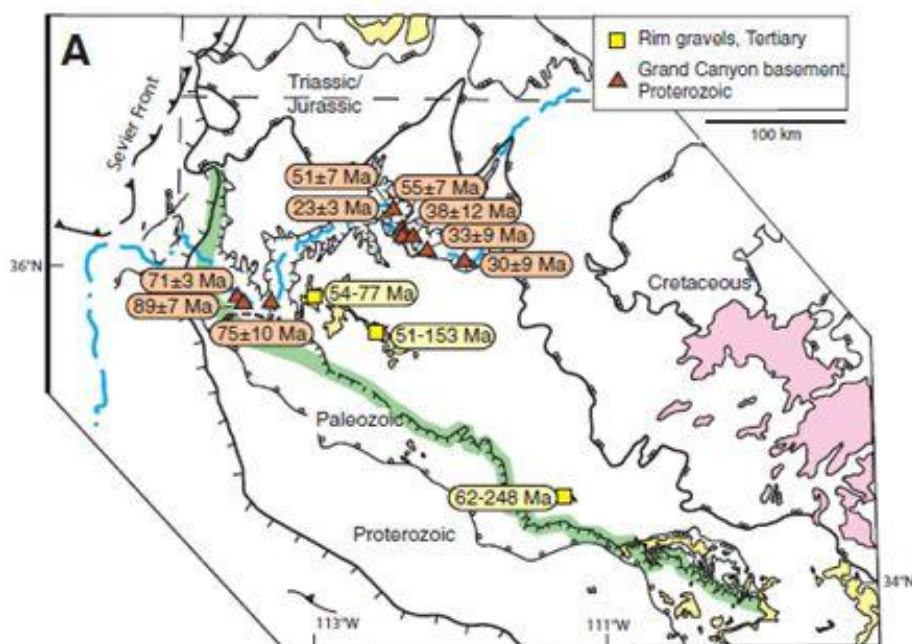


Рис. 16. Данные возраста по апатиту (U-Th)/He для кристаллического фундамента Гранд-Каньона (красные треугольники) и образцов из гравия на краю каньона (желтые квадраты) (Flowers, 2008). (Обратите внимание на широкий разброс значений полученных абсолютных возрастов только в одном этом исследовании)

Нам кажется, что авторы многомиллионлетних гипотез сами стали заложниками результатов этих термохронологических методов определения абсолютного возраста. Ведь на чем основаны различия в интерпретации возрастов образования ГК в «древней» и «молодой» моделях - почти исключительно на результатах анализов. Они настолько в них уверены, что, наверное, даже скорее пересмотрят время подъема самого плато Колорадо, если следующие анализы покажут 150 млн. лет, чем засомневаются в их достоверности.

Ещё отметим, что в рекомендуемых направлениях будущих исследований, определенных в итоговом докладе конференции в Флагстаффе, доработке этих методов уделено целых два пункта: «(5) Согласовать возрасты по трекам деления апатита и возраст (U-Th)/He друг с другом и с другими геологическими ограничениями. Оба метода следует применять к одним и тем же образцам. (6) Составить межлабораторные протоколы и уменьшить неопределенность в том, как интерпретировать переменный возраст апатита из одного и того же образца».

А что, если этот постулат, на котором построена методика интерпретации данных датирования, изначально неверен? Что может сказать современная геология о происхождении Гранд-Каньона, если из научных статей убрать данные радиоизотопных анализов и построенные на их основе многочисленные таблицы, карты и графики? Похоже, что останется только большой вопросительный знак, который показан на первой странице этой статьи.

Удивительно, но в материалах конференции не нашлось ни одной статьи, проливающей хоть какой-то свет на загадку формирования облика каньона – только тектоника, денудация, врезка русла реки, термохронология, датировки и т.д., но практически никакой информации о механизме образования самой внутренней узорчатой структуры каньона. Это наводит на мысли о том, что у участников конференции просто нет четкого представления о том, каким образом он сформировался в таком виде, и это свое недоумение они прикрывают рассуждениями о тектонических подвижках, горячих точках мантии и т.д. А формирование уникального облика ГК отдают на откуп тем же процессам эрозии, не объясняя при этом, каким образом эти эрозионные процессы умудрились создать подобное чудо природы.

3.3. Следы наводнений в долине р. Колорадо

Справедливости ради надо отметить, что геологи всё же видят следы наводнений на плато, однако связывают их с экстремальными паводками происходившими здесь в голоцене⁷. В работе (Liu et al., 2020) приводятся данные изучения таких паводков на территории верхнего бассейна реки Колорадо, где авторами было исследовано несколько участков речной долины, на которых было отобрано 106 проб. Из них 68 были датированы радиоуглеродным методом⁸ (^{14}C), а другие 38 методом оптически стимулированной люминесценции⁹ (OSL), которые показали возраст экстремальных аллювиальных отложений уже не миллионы, как в Гранд-Каньоне, а тысячи лет. В результате подробного изучения стратиграфических корреляций, высоты залегания, возраста и мощности экстремальных отложений на всех участках с привлечением седиментологических данных и гидравлического анализа было выявлено, что периоды частых экстремальных наводнений происходили здесь в возрастных диапазонах 8040–7960, 4400–4300, 3600–3460, 2900–2740, 2390–1980, 1810–720 и 600–0 лет назад. В заключение своей работы они сделали вывод о том, что экстремальные палеонаводнения в этой части бассейна реки Колорадо не зависят от того каким был климат в те эпохи - засушливым или влажным, а, вероятно, являются результатом резко усилившихся штормов, происходящих в северной части Тихого океана и, возможно, связанных с повышенной изменчивостью Эль-Ниньо.

На наш взгляд, это конечно очень важная и нужная работа, но на фоне бросающегося в глаза общего катастрофического размыва всей территории, вывод о связи палеонаводнений со штормами в Тихом океане выглядит не совсем неубедительно. Переиначивая народную пословицу – разглядывая песчинки, не замечают бревна.

А вот в нижнем течении р. Колорадо ситуация обстоит по-другому. Здесь выявляются следы и признаки мощнейших прошлых наводнений. В материалах конференции (Beard et al, 2011) есть статья Ховарда и Малмона (K.A. Howard and D. V. Malmon «Boulders Deposited by Pliocene and Pleistocene Floods on the Lower Colorado River»), в которой её авторы приводят информацию о крупных толщах валунно-галечных отложений в широкой долине нижнего течения р. Колорадо уже за пределами плато Колорадо вниз по течению от Гранд-Каньона. Возраст этих отложений варьируется от плиоцена до позднего четвертичного периода. Они намного крупнее, чем песчано-гравийное русло современной реки. Многие валунные отложения находятся в ограниченных каньонах, где высокие скорости потока могут возникать во время прохождения больших объемов воды. Большинство валунов имеет местное происхождение.

На Рис. 17 показаны цементированные плиоценовые (?) окатанные валунные конгломераты, которые обнажаются вдоль 22-километрового участка реки Колорадо в Аризоне и Калифорнии, включая ущелье Топок и части прилегающих долин Мохаве и Чемеуэви. Его общая мощность составляет около 45 м и включает заполнение центрального канала глубиной не менее 20 м и боковые отложения, которые плавно переходят на прилегающие склоны палеодолин на расстоянии 1-2 км от центрального канала. Тальвег канала опускается на юг примерно параллельно современному уклону реки, но на 20–30 м выше. Для этих отложений обычны грубые округлые валуны издалика перемещенного кварцита, но более крупные валуны (> 1 м) представляют собой местные вулканические породы, гнейсы и граниты. Хорошо отсортированный каменный материал конгломератов не имеет внутренней слоистости. Похожие залежи конгломератов наблюдаются и в 40 км выше по течению, что может свидетельствовать о региональном наводнении, а не о локальном прорыве паводковых вод.

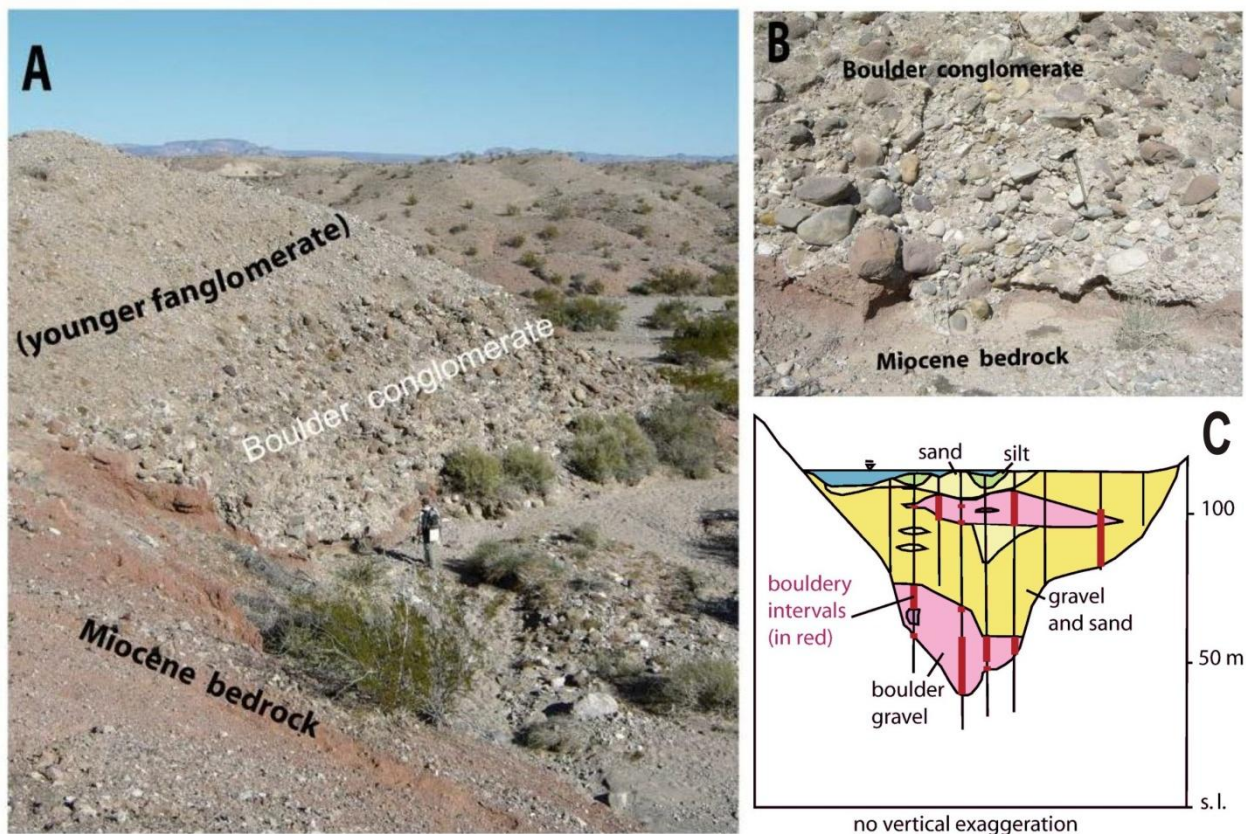


Рис. 17. А. Конгломерат заполняет тальвег палеодолины, врезанной в коренную породу миоцена в северо-восточной части ущелья Топок (Аризона). В. Крупный план обнажения, показанного на А. Валунны гнейса и базальта достигают 0,9 м в диаметре. С. Разрез валунных отложений и более мелких фаций, выявленных по каротажным диаграммам на участке Parker Dam около Паркера, Аризона (Howard and Malmon, 2011).

На Рис. 17С приведен разрез, построенный по данным экстраполяции каротажных диаграмм для участка Parker Dam в каньоне Обри (это примерно на полпути от окончания Гранд-Каньона до места впадения реки Колорадо в Калифорнийский залив). Эти данные позволяют предположить наличие здесь двух погребенных толщ валунных конгломератов общей мощностью 80 м, одну в нижней части каньона (плиоцен?) и другую в верхней, которая может иметь четвертичный возраст.

Давайте пока отставим приводимые Ховардом и Малмоном датировки в сторону и отметим для себя, что вся обширная равнинная часть долины нижнего течения реки Колорадо во многих частях заполнена мощными толщами валунно-галечных отложений, по большей части отложенных **единовременно** (Рис. 17А,В), реже в **два этапа** (Рис. 17С).

3.4. Несоответствие «официальной» версии наблюдаемым фактам.

Выше озвученная общепринятая версия возможно для кого-то и представляется убедительной, однако зрительное восприятие Гранд-Каньона не очень-то состыкуется с теоретическими построениями геологов и вызывает большие сомнения в правильности их рассуждений. Ну как согласиться с тем, что этот визуально единый комплекс состоит из 5-ти частей, разница возраста образования которых достигает десятков миллионов лет. Ведь должна же эта разница конкретно в чем-то выражаться, кроме цифр поставленных ими на картах и схемах.

Некоторые наблюдатели в качестве несоответствия с «официальной» позицией указывают на свежий вид и незначительную эродированность склонов каньона, несмотря на то, что они сложены относительно мягкими породами. Ведь если его стены были обнажены на протяжении 6 млн. лет, они должны выглядеть совсем по-другому - со сглаженными округлыми формами и с большим количеством обломочного материала, чего в каньоне не наблюдается. Более того, степень эродированности склонов с глубиной практически не меняется, чего так же не может быть при такой приписываемой ему длительной и насыщенной событиями истории.

А тем, кому удалось поближе ознакомиться с внутренним строением каньона (имеются в виду те, кому посчастливилось по нему сплавиться), отмечают еще одну весьма показательную особенность в его строении. Несмотря на то, что каньон в нижней своей части врезается уже в породы кристаллического фундамента, сложенные в отдельных местах даже весьма монолитными гранитами и базальтами, река размывала их примерно одинаково, не обращая внимания на их прочность, чего так же не происходит при обычной речной эрозии.

Так что немудрено, что контраст официально озвученного возраста Гранд-Каньона с его «молодым и здоровым» внешним видом вызывает определенные сомнения и вопросы у многих наблюдателей. Вот если бы ГК выглядел примерно так как приведено на Рис. 18, тогда еще можно было поверить, что ему 6 млн лет. Однако в таком виде он вряд ли был кому-то интересен.



Рис. 18. Кадр из фильма «How are Enormous 'Mega-Sequences' Evidence for the Global Flood? - Dr. Steve Austin» (15:50 минута). (<https://www.youtube.com/watch?v=Kd-SnHLVOZM>)

Отсюда и возникают фантастические гипотезы о том, что это карьер по добыче урана или ещё чего-то, разрабатываемый инопланетянами или атлантами и т.д. Техногенную версию его происхождения мы здесь обсуждать не будем, хотя согласимся, что схожесть у этих объектов несомненно есть. Только схожесть не в происхождении, а в реакции на эрозионные процессы, которые в принципе для них должны протекать примерно одинаково. На Рис. 19 приведена фотография железорудного карьера на Урале. В левой части фотографии хорошо видно, как

обрушаются и выравниваются уступы, преобразуясь в единый пологий склон. А ведь этому карьеру не миллионы и даже не тысячи, а только десятки лет.



Рис. 19. Карьер на месторождении гора Благодать на Урале. (<https://photosight.ru/photos/6012386/>)

И такие вопросы и ассоциации будут возникать постоянно, пока мы не найдем понятного и убедительного объяснения формирования каньона в том виде, в каком он предстает перед нами.

Гранд-Каньон – одно из самых посещаемых мест в мире. Каждый год здесь бывает более 5 млн. человек. И вот как объяснить этим многочисленным туристам, что вопрос его образования еще очень далек от разрешения. А то, что на данный момент о нем знают и понимают ученые, это всего лишь гипотезы и предположения, а однозначного ответа на вопрос его происхождения до сих пор нет. Так что пока экскурсоводы по-прежнему рассказывают любознательным туристам «общепринятую» версию о том, что сформировался каньон в течение примерно 5-6 млн. лет, в то время как равнина, по которой текла река Колорадо, вздымалась под действием подземных сил, а водный поток постепенно врезался в плато, вымывая более мягкие породы. И никто из них даже не подозревает о том, насколько эти слова далеки от истины и никоим образом не отражают процессы, приведшие к созданию этого чуда природы.

По нашему мнению тектоника к образованию ГК не имеет никакого отношения и образовался он совсем недавно, не миллионы, а всего несколько тысяч лет назад, и первопричиной его появления на этом месте послужила описанная выше планетарная катастрофа. А каким образом это произошло, будет рассказано в следующей главе.

4. Как образовался Гранд-Каньон

4.1. Что было до его появления - небольшая палеореконструкция

Мы сейчас можем только гадать, что здесь происходило миллионы лет назад, а вот какова была ситуация на этой территории в недавнем прошлом, с относительной долей вероятности воспроизвести вполне возможно. Происходящие на Земле процессы имеют свои энергетические ограничения. Так вот, энергии описываемого нами события было достаточно, чтобы размыть поверхность плато, но абсолютно недостаточно для того, чтобы, к примеру, сместить горы или привести к тектоническим подвижкам литосферных плит. Так что, опираясь на современный рельеф этой части плато Колорадо, мы можем предположить, что на месте центральной части Гранд-Каньона до катастрофы была ровная поверхность плато, ограниченная с востока поднятием Кайбаб, с запада поднятием Шиввитс и вулканическим полем Уинкарет, а с юго-востока вулканическим полем Сан-Франциско. Текущие на север по этой территории небольшие речки и ручьи впадали в палео-Колорадо, которая протекала в западном направлении вдоль южных склонов горных хребтов, обрамляющих плато Колорадо с севера. А река палео-Литл-Колорадо протекала вдоль восточного борта плато Кайбаб и впадала в палео-Колорадо немного севернее точки Лис-Ферри, как показано на Рис. 20.

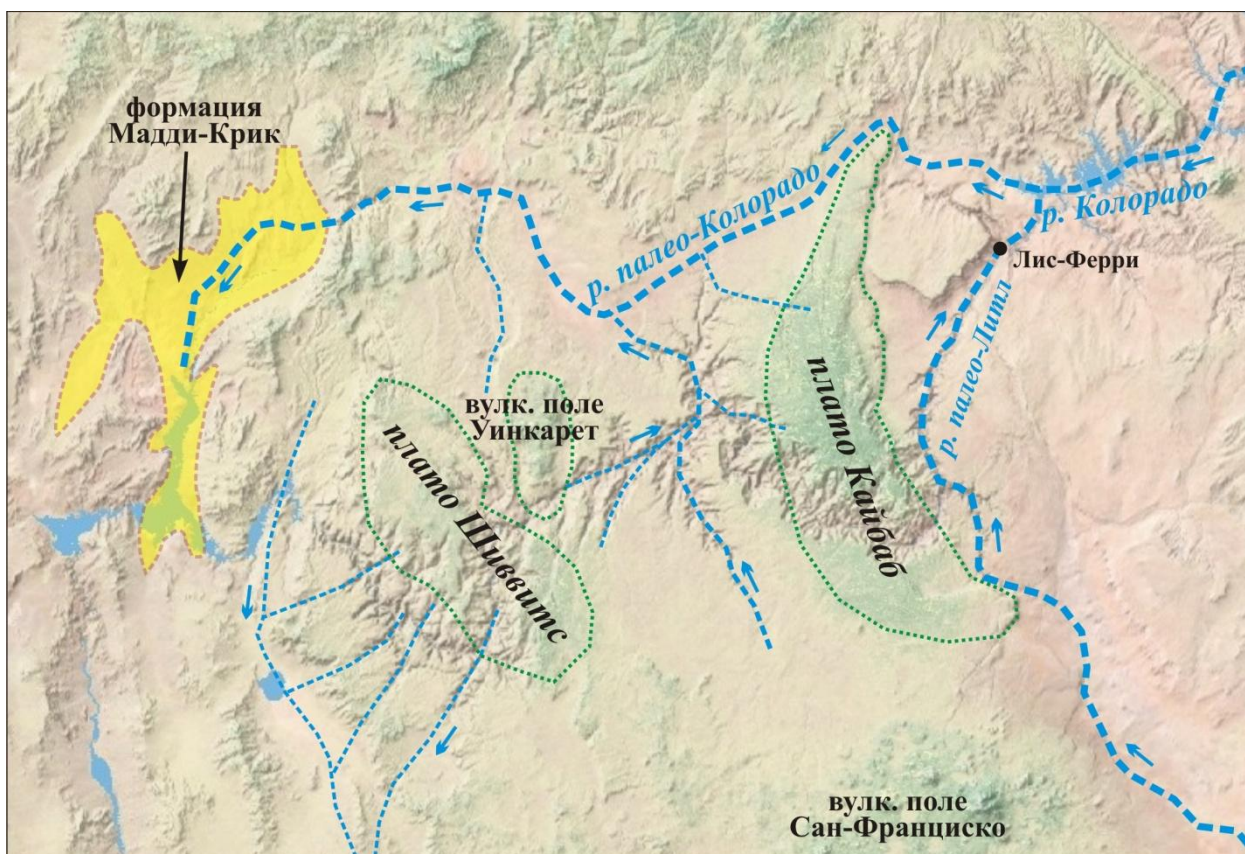


Рис. 20. Палеореконструкция ситуации на западе плато Колорадо до катастрофы. (Контурсы формации Мадди-Крик нанесены по данным из статьи - Pederson, 2008).

Такое местоположение русла палео-Колорадо позволяет объяснить происхождение осадочной формации Мадди-Крик, которая датируется возрастом от 11 до 5 млн. лет, и причина появления которой до сих пор остается головной болью американских геологов. По данным Дж. Педерсона (Pederson, 2008) для неё характерен переход от более мелких и более озерных отложений к более крупным и мощным речным отложениям по направлению с запада на северо-восток. Так что, географически и по своему составу формация Мадди-Крик логичный кандидат для конечных отложений реки Колорадо до образования Гранд-Каньона, тем более, что в них отсутствуют цирконы из вскрытых каньоном палеозойских осадочных пород.

4.2 Процесс образования Гранд-Каньона

Главная проблема в вопросе происхождения Гранд-Каньона заключается в том, что такую структуру невозможно разработать руслом реки, кто бы и как не фантазировал на этот счет. Если окинуть взором положение ГК на карте рельефа местности (Рис. 21), бросается в глаза несоразмерно глубокий врез каньона во вмещающие породы на фоне почти ровной окружающей поверхности. Относительное превышение между руслом реки и верхней кромкой каньона составляет более 1.5 км.

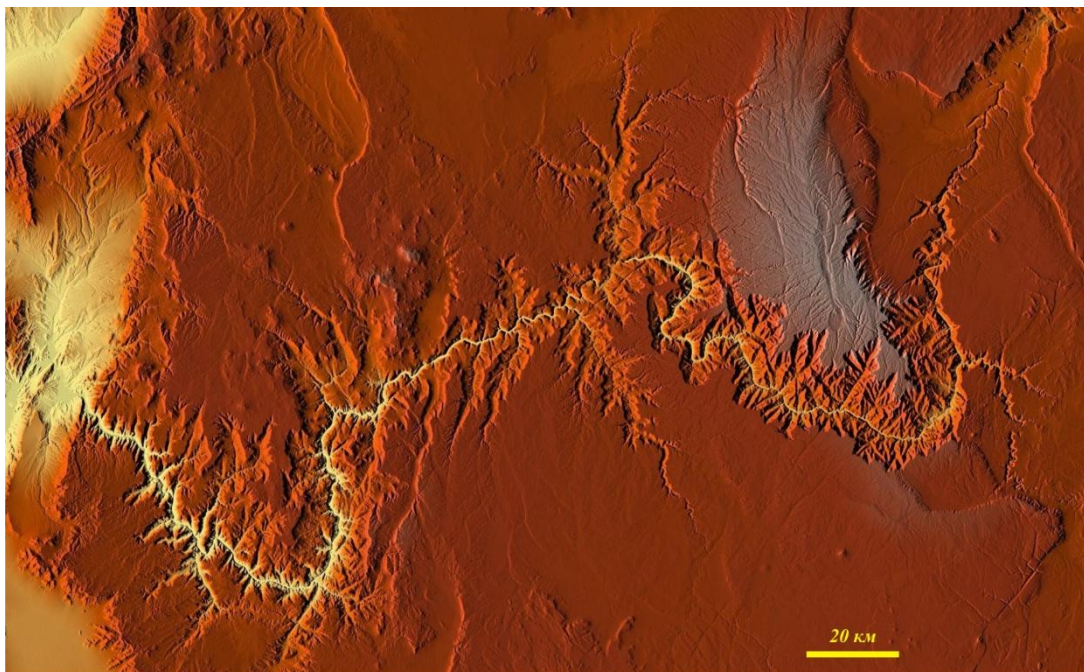


Рис. 21. Гранд-Каньон на карте рельефа.

Характерной чертой строения каньона является зубчатое строение его бортов, причем четко прорисованные детали так же резко контрастируют с однородным окружающим пространством. При эволюционном развитии долины рек каждому такому «зубчику» или, точнее, зубчатой выемке в борту долины, должна соответствовать хорошо разработанная отдельная речка или ручей, чего по факту не наблюдается. На почти плоской поверхности плато нет хорошо разработанной сети боковых притоков. Многие такие зубчатые выемки каньона начинаются ниоткуда, с абсолютно ровного места на его поверхности. А в некоторых местах, в связи с уклоном рельефа, ручьи направлены вообще в противоположную от каньона сторону (Рис. 22).



Рис. 22. Зубчатое строение внешнего контура Гранд-Каньона.

Когда река разрабатывает речную долину, особенно на слабо расчлененных территориях, каким по определению является плато Колорадо, она часто меняет русло с образованием террас и стариц. Однако на протяжении всего каньона (а его протяженность составляет 446 км) на его верхних уровнях не наблюдается ни одного фрагмента древнего русла реки. При долговременной разработке долины такое просто невозможно. Поэтому для того, чтобы дать хоть какое-то объяснение тому, что мы видим, и возникают идеи палеоканьонов, которые простояли нетронутыми миллионы лет, а потом река их опять захватила и омолодила. Тем более, что на своем пути она часто встречала базальты и граниты, которые по логике вещей должна была пытаться обойти стороной, размывая менее прочные осадочные породы. А по факту мы видим, что река целенаправленно углубляла свое русло, не сдвигаясь в стороны, и даже прочные базальты не послужили ей препятствием для осуществления этой задачи. Все эти особенности абсолютно не укладываются в рамки эволюционного развития речных долин и однозначно свидетельствуют о том, что подобное чудо природы могло сотворить только что-то экстраординарное. Зато они прекрасно укладываются в другую модель, где претендентом на роль этого «создателя» выступают мощные водные потоки, прокатившиеся по этой территории в недавнем прошлом, вскрывшие и размывшие за счет своей колоссальной энергии ровную поверхность плато на большую глубину. Это был (по геологическим меркам) весьма кратковременный процесс, растянувшийся на десятки (а может и на сотни) лет и проходил он в три основных этапа.

1-й этап – этап интенсивного размыва

Первый этап представлял собой быстротекущий процесс, длительность которого можно исчислять днями, и включал в себя две основные стадии, связанные с интенсивностью, направлениями движения и последовательностью водных потоков (Рис. 23.1а).

Начало формированию Гранд-Каньона положили первичные водные потоки от очага цунами северо-западного направления (**1-я стадия**), которые прокатились по плоскому плато, смывая и унося в своих водах слои накопившихся здесь ранее рыхлых отложений. Основной «задачей» этих потоков (без выполнения которой не было бы никакого Гранд-Каньона, а плато на этом месте продолжало бы оставаться ровным) было вскрыть мощную (90-100 м) толщу песчаных известняков формации Кайбаб. Можно предположить, что на это повлияли два фактора. Одним из них могла быть значительная вертикальная расчлененность юго-западного склона плато Кайбаб, вследствие которой потокам, направленным вкост простирания покрывающих склон расселин было проще размыть известняки именно в этом месте. И в этом им помог другой фактор, заключающийся в том, что именно в этом месте проходила одна из наиболее интенсивных струй водного потока. Дело в том, что немного южнее этого места располагается достаточно приподнятое над уровнем плато вулканическое поле Сан-Франциско, сложенное плотными базальтами. Оно послужило своеобразным препятствием для водных потоков северо-западного направления, стремясь обойти которое, они сформировали две более мощные струи потока, огибающие вулканическое поле с северо-востока и юго-запада. Одна из этих струй промывала широкий проход в плато Кайбаб, которого до этого не существовало. (*Вопрос образования этого прохода является одним из основных у специалистов, занимающихся выяснением генезиса Гранд-Каньона*). А другая, стала ответственной за вскрытие и интенсивный размыв западной части ГК, расположенной на юго-западе плато Шивитс (см. Рис. 20). Там слой известняков был тоньше и размыть их было проще. Ну а под «взломанными» известняками залегали намного менее прочные слои песчаников и алевролитов, размыть которые уже не составляло большого труда. Следы прохождения этих потоков еще отчетливо видны на размывших плоских уступах внутри современного ГК (см. Рис. 23.1б). Это была главная и самая энергетически мощная стадия его образования, на которой были сформированы два из четырех основных сегментов ГК и заложены основные очертания будущего ГК. Отметим, что большая часть объема рыхлых пород из ГК была размыва и вынесена за его пределы именно этими потоками.

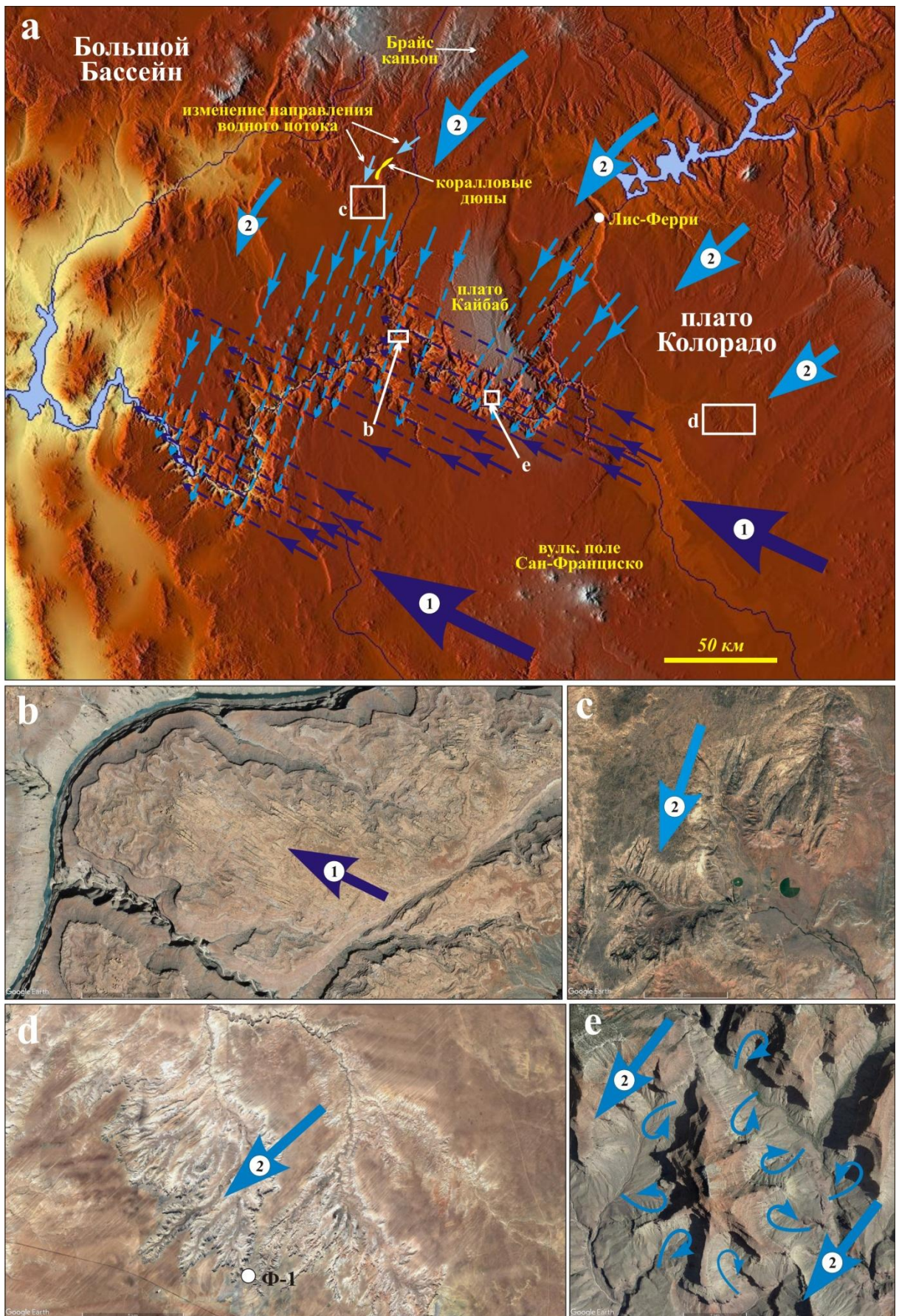


Рис. 23.1. Направления размыва во время двух первых стадий образования ГК (а); следы прохождения водных потоков разных направлений на поверхности плато (б, в, г); создание узоров внутри каньона за счет турбулентных завихрений (е).

Следующая серия водных потоков (**2-я стадия**) пришла на территорию будущего ГК уже с другого направления (о чем было рассказано во 2-й главе (см. Рис. 10)). Это были потоки не сумевшие преодолеть хребты Скалистых гор отделяющие плато Колорадо на северо-западе от Большого Бассейна. Передний фронт этого потока, повернув в юго-западном направлении, прокатился по юго-восточному борту этих хребтов. Именно он ответственен за размыв и образование другого чуда природы - Брайс-Каньона. А смытый из него песок, по-видимому, частично был отложен в пустыне Коралловые дюны в 70-ти км на юго-запад от него. Там он немного изменил направление (Рис. 23.1а,с) и расчленил всю западную половину протоканьона (*«первичного» каньона созданного на 1-й стадии*) серией почти параллельных линейных размывов юго-юго-западного направления. А «тыловые» части потока, уже «выдохшиеся» на долгом пути, сначала затормозились в северной части плато, а потом тоже повернули на юго-запад, согласно рельефу территории. По ровной поверхности плато эти потоки прокатывались спокойно, оставляя на ней лишь следы площадного размыва, но там, где она уже была вскрыта первичными потоками мегацунами, они врезались в тело каньона, интенсивно размывая его рыхлые породы на большую глубину. Именно они «прорезали» многочисленные заливы юго-западного направления уже в восточной части ГК, что отчетливо видно на южном, юго-западном и юго-восточном склонах плато Кайбаб (Рис. 23.1а).

Работа этих двух потоков перекрестных направлений на этом этапе (1 и 2 стадии) привела к возникновению протоГК, размывого в отдельных местах на глубину до 1 км (около 2/3 от его современной глубины), а в плане - примерно такого размера и конфигурации, какую мы видим и сейчас, с его извилистым зубчатым внешним контуром. Что же касается формирования неповторимого узора на уступах внутри самого каньона, можно предположить, что вся эта красота (Рис.23.1е) создавалась за счет турбулентных завихрений, возникающих при движении мощных потоков по неровной интенсивно расчлененной поверхности внутри ими же образованного каньона.

Потокам этих двух стадий мы обязаны появлением на плато многочисленных экзотических каньонов, арок, каменных волн, монументов, останцов и уступов, и т.п., коими так богат юго-запад США. А еще - площадному смыву и «генеральной уборке» этой территории от всех видов и типов рыхлых отложений, о чем мы говорили в предыдущих разделах, и в чем кроется истинная причина почти полного их отсутствия в центральной и западной части плато Колорадо.

Интенсивный размыв на глубину осадочных пород на этой территории можно проиллюстрировать на примере возникновения на почти ровной и гладкой поверхности плато небольшого, но глубокого мини-каньона никак не связанного с речной деятельностью, который мы приводили в самом начале статьи (см. Рис.1 и 2). По характеру размывтой поверхности (см. Рис. 23.1d) видно, что раньше здесь протекал в северном направлении небольшой ручей с широкой сетью мелких притоков, который был размыв площадными потоками юго-западного направления (почти противоположного течению ручья). Причем южная часть каньона, где располагались верховья притоков, размывта более интенсивно, чем северная, где протекало его основное русло. Этот пример совершенно очевидно демонстрирует, что никакая сезонная эрозия не могла быть причастна к формированию этого каньона. Ну, чем не мини-Гранд-Каньон, возникший точно так же и почти на ровном месте.

Завершился этот этап тем, что вся центральная и западная часть плато Колорадо, включая размывтый протоГК, оказалась почти полностью залита водой, которая явилась определяющим фактором для 2-го этапа формирования ГК. Причем остаточные потоки, уже потерявшие инерцию и просто заливающиеся в протоканьон сверху, способствовали обрушению больших блоков известняков с бровки каньона вниз, чем тоже сыграли большую роль в формировании красивой зубчатой структуры его внешнего контура (см. Рис. 27а).

2-й этап – этап затопления плато и постепенного схода воды

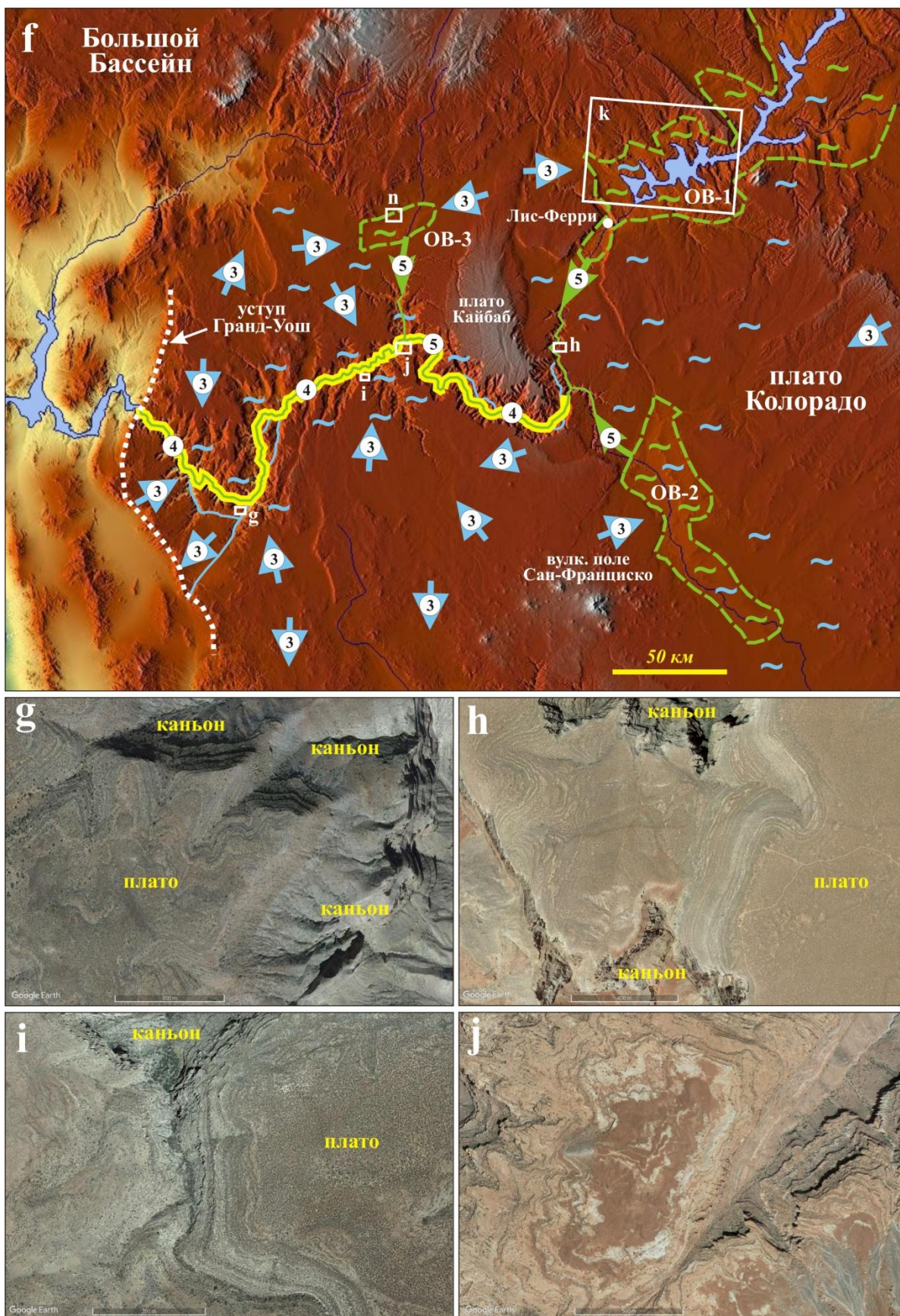


Рис. 23.2 (продолжение). Заключительные стадии образования ГК (f); следы волно-прибойных процессов на бортах - (g, h, i) и внутри каньона (j).

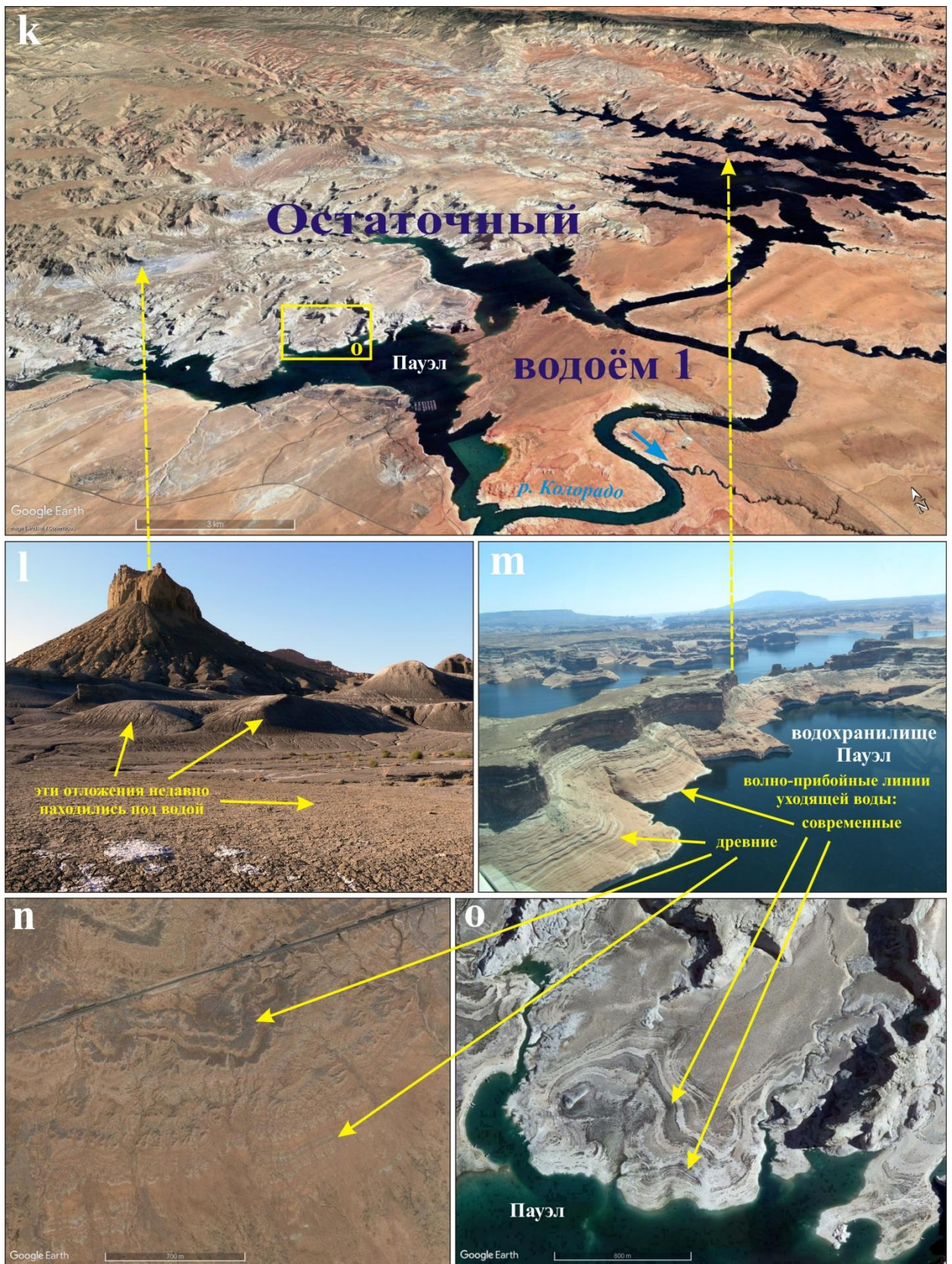


Рис. 23.3 (продолжение). Вид из космоса на остаточный водоём 1 (ОВ-1) (к); фотография земной поверхности, которая совсем недавно была дном водоема (автор: Cyril Durand <https://goo.gl/maps/ceDjJt2k5xvmC6Ja9>) (л); фотография высокого уступа на водохранилище Пауэл (автор: Martin Jansen <https://goo.gl/maps/AnhDSh2z2YE4SvWS8>) (м); следы волно-прибойных линий: на месте остаточного водоема 3 (ОВ-3) (н) и на берегу водохранилища Пауэл (о).

На этом этапе, когда водные потоки (1 и 2 стадии) уже сделали свою работу и сошли на нет, ровная поверхность плато Колорадо оказалась почти полностью залита водой (Рис. 23.2f, 25a), над поверхностью которой поднимались только массивы гор на севере, плато Кайбаб в центре и отдельные возвышенные фрагменты суши. Никаких рек тогда не было (их просто физически не могло быть в подобной ситуации), что согласуется с полным отсутствием следов прохождения локальных речных русел на верхних уровнях ГК. Вода просто двигалась по плато согласно рельефу и собиралась в тех местах, которые по уровню были ниже. Параллельно с этим шла дополнительная разработка кромок боковых «заливов» остаточными потоками воды обрушающихся с бортов каньона (Рис. 27a). Во многом именно они ответственны за сглаживание внешней границы каньона и образование многочисленных «вторичных» зубцов у крупных боковых «заливов», так украшающих современный ГК, внешний контур которого был сформирован как раз на этом этапе. А сам протоканьон в то время представлял собой не единое целое, а серию глубоких каньонов разнообразной формы и глубины, где-то соединенных между собой размывами на разных уровнях, а где-то, возможно, и изолированных друг от друга (*вполне вероятно, что частично поэтому его сейчас условно делят на разновозрастные части*). При этом все они были заполнены водой, согласно рельефу окружающей территории.

Вполне вероятно, что начало сквозному сообщению между частями протоканьона положил размыв прохода в уступе Гранд-Уош, который формирует западную оконечность плато (см. Рис. 23.2f). Начиная с этого момента, стартовала **3-я стадия** образования ГК – стадия постепенно опустошающегося водоема, которая ответственна за формирование внутренней структуры верхней части ГК, в частности красивого мелкоступенчатого облика его протяженных боковых уступов. В начале этого этапа вода вокруг каньона спадала медленно, и следы волно-прибойных процессов спадающей воды еще хорошо читаются на относительно низких бровках в разных частях каньона (Рис. 23.2 g,h, i). Объединению частей протоканьона в единое целое способствовал состав слагающих плато пород. Пропитавшиеся водой осадочные породы становились рыхлыми, и перегородки между отдельными частями ГК быстро размывались. Отдельные части протоканьона могли даже разделяться перемычками проходящими по современной поверхности плато, но так как под толщей известняков залегают более рыхлые породы, они разрушались под действием воды быстрее, подмывая плотный известняк снизу, и он постепенно обрушался вниз, разрушая перемычки.

Для ГК наступил режим водного бассейна, из которого постепенно уходит вода. Однако происходило это неравномерно, в зависимости от расширения и углубления выхода с плато на уровне уступа Гранд-Уош и размыва перемычек разделяющих отдельные части протоканьона. Наиболее характерной и привлекательной особенностью ГК является мелко-ступенчатое строение внешних стенок и боковых уступов каньона, механизм образования и сохранность которых вызывают одновременно восхищение и недоумение. На наш взгляд, такие следы оставила постепенно уходящая береговая линия, избирательно (в зависимости от прочности пород) размывая борта и внутренние уступы каньона в результате волно-прибойной деятельности (Рис. 23.2j). При этом характер поперечного профиля этих уступов может говорить о скорости протекания этого процесса. Параллельно с падением уровня воды проходила «очистка» склонов от рыхлого материала, который под действием воды и гравитации скатывался вниз ближе к центру каньона, устилая его дно, и придание склонам явно выраженного мелко-ступенчатого профиля, под действием волно-прибойных процессов. В дальнейшем большая часть этого дезинтегрированного материала будет смыта водным потоком зарождающейся реки. А пока проходило спокойное переливание воды скопившейся в центральной части плато Колорадо через протоканьон (проход № 1) и пролив у северной оконечности плато Кайбаб (проход № 2) по направлению к Тихому океану (Рис. 24a, голубые стрелки).

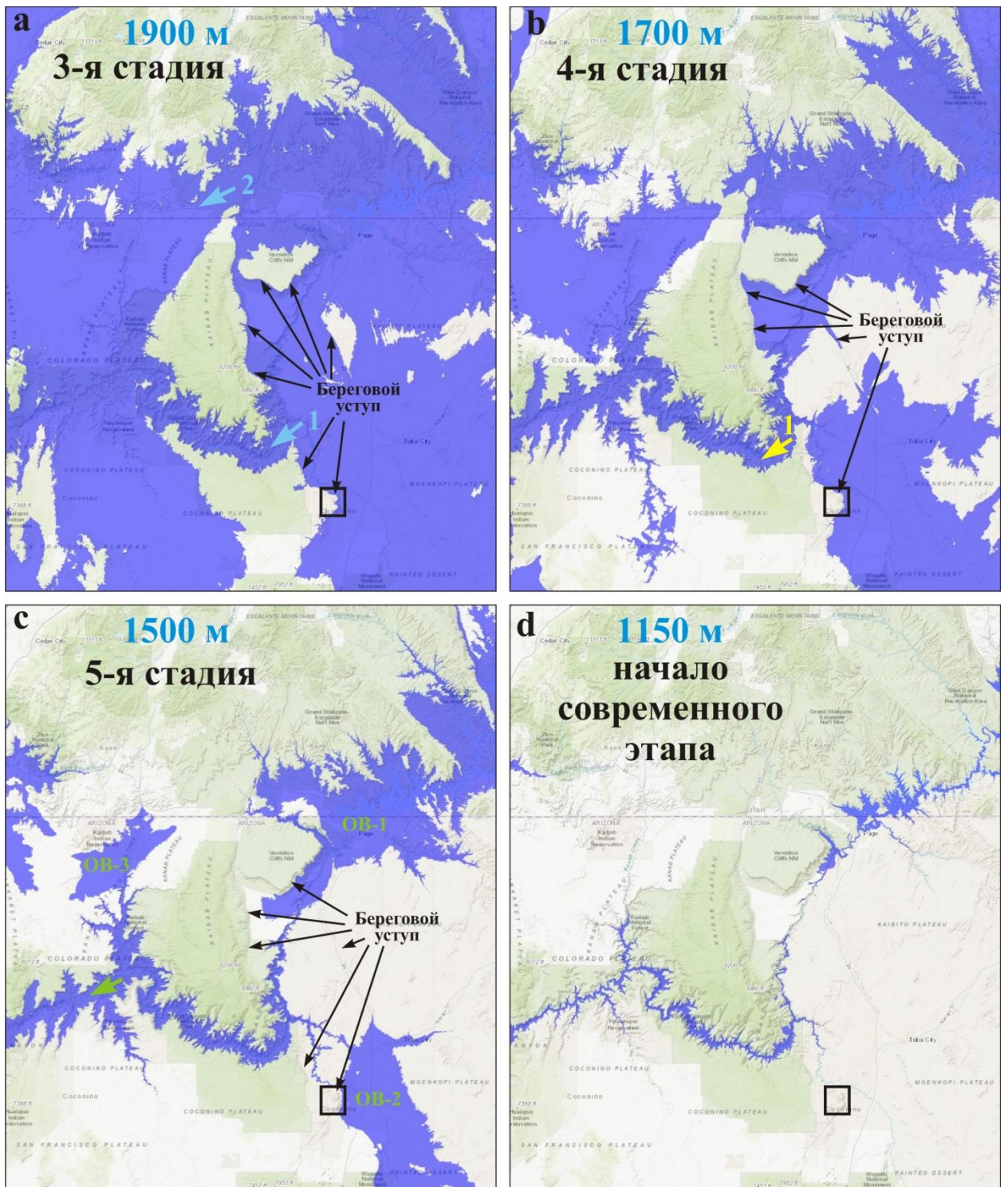


Рис. 24. Уровни затопления западной части плато Колорадо (a-d).

В течение этого этапа волно-прибойные процессы успели поработать не только внутри каньона, но и за его пределами. На Рис. 24a,b,c показаны береговые уступы, четко выраженные в современном рельефе и сохраняющие свою конфигурацию на протяжении сотен метров вертикального затопления. И которые очень похожи на крутой, рассеченный поперечными оврагами, обрывистый берег моря или океана (Рис. 25). Причем поражает практически горизонтальное расположение нижней кромки этих уступов. Такое может свидетельствовать о тектонической стабильности этой части плато Колорадо. В отличие от предсказаний авторов многомиллионетной истории ГК, которые наоборот делают упор на разноамплитудной тектонической активности отдельных блоков в этой части плато.

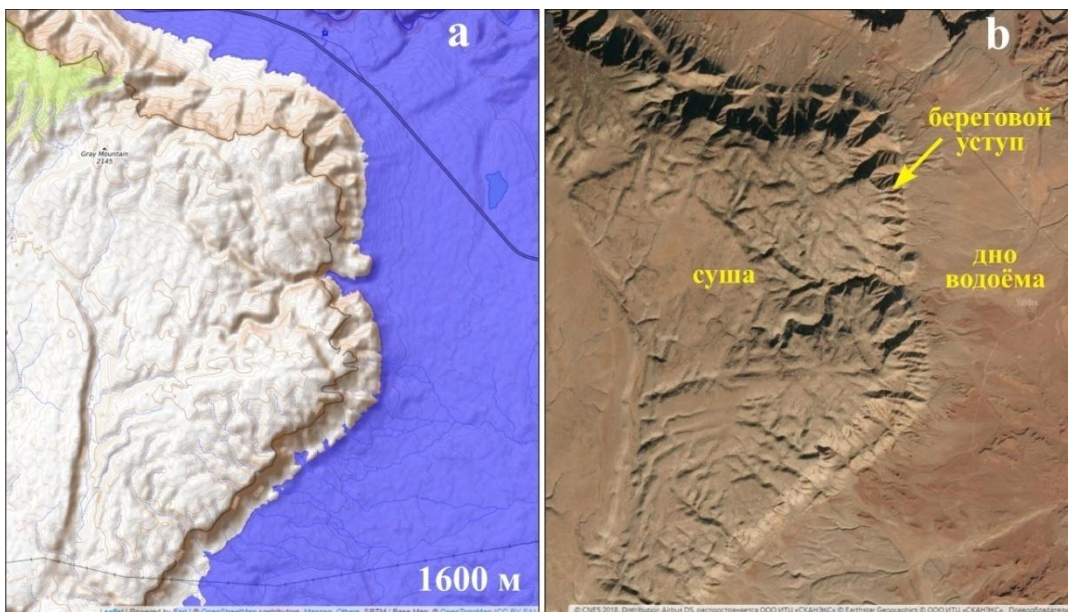


Рис. 25. Пример берегового уступа на топографической карте (а) и космическом изображении (б). Границы этого участка показаны на Рис. 24 черным прямоугольником.

В конце этого этапа еще была некоторая вариативность в определении будущего русла протекания реки по дну каньона. На Рис. 26 видно, что если бы перемычка в северо-восточной части рисунка размывалась первой, то будущая река могла пойти в этой части ГК по другому руслу. И таких «вариантов» на протяжении всего каньона могло быть несколько. На Рис. 23.2f они отмечены линиями голубого цвета.



Рис. 26. Пример «несостоявшегося» варианта русла р. Колорадо.

3-й этап – этап включения речного режима и интенсивного врезания реки

После того, как уровень воды опустился ниже отметки 1700 м, остался единственный проход (Рис. 24b, желтая стрелка) для выхода огромной массы скопившейся в центральной части плато через размытую протоку в плато Кайбаб к Тихому океану. Достаточно представить себе объем воды прошедший с тех пор через него, чтобы понять какие силы смогли проделать в каньоне такую работу. Речной режим здесь стартовал, когда Гранд-Каньон был опустошен примерно на половину своей первоначальной глубины. С этого момента началась **4-я стадия** его образования – стадия формирования долины и окончательного русла реки на дне каньона (Рис. 23.2f, 24b). Поток воды (о реке в начале этой стадии говорить еще рано) устремился по дну ГК на запад, расширяя по возможности свою долину и выравнивая шероховатости и преграды на своем пути (Рис. 27).

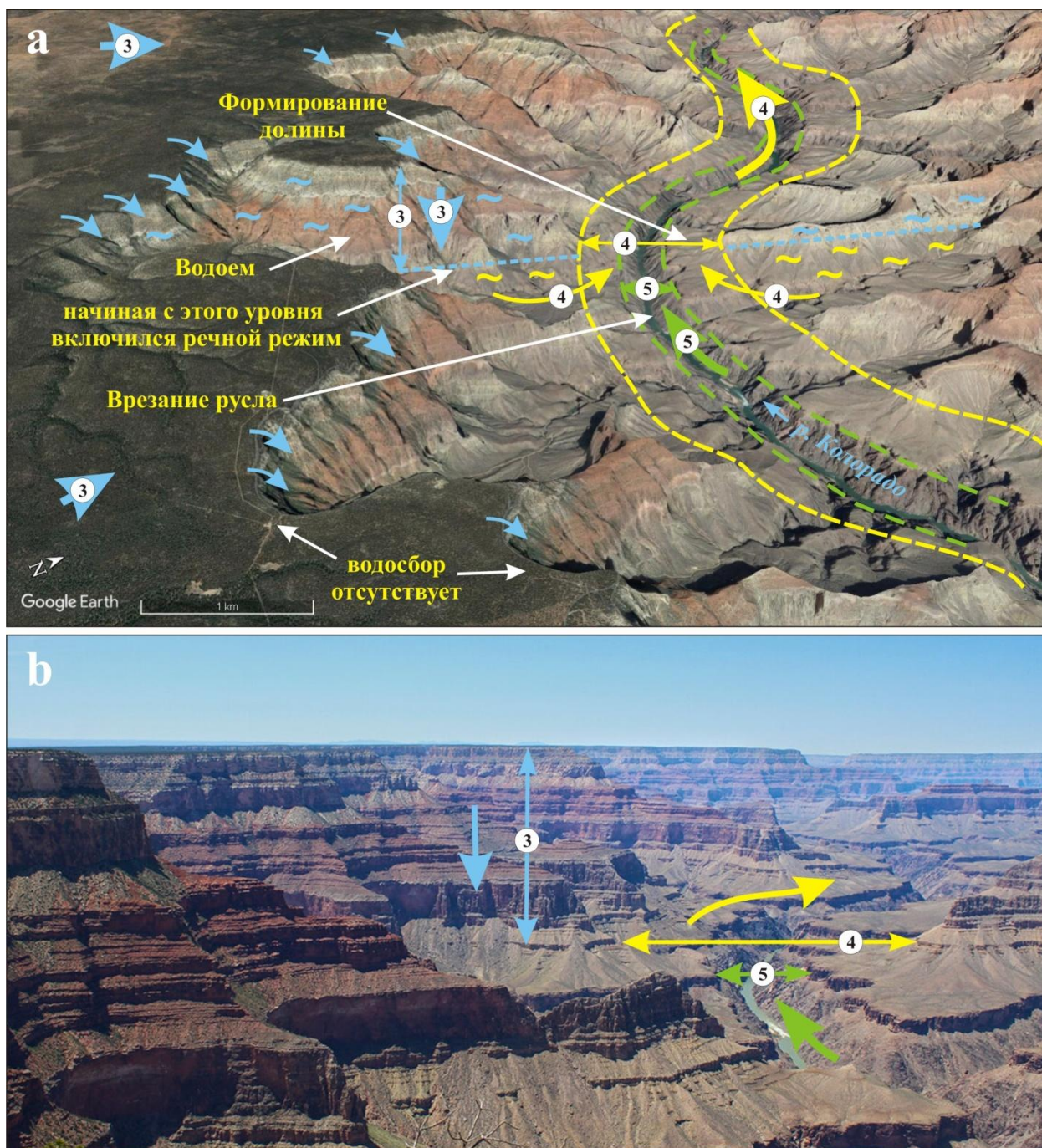


Рис. 27. Иллюстрация трёх последних стадий образования Гранд-Каньона на карте Google Earth (a) и на фотографии (b) (автор: GAL_AN, <https://gal-an.livejournal.com/879685.html>).

Траектория движения потока внутри каньона была уже predeterminedena на предыдущих этапах и ему пришлось под неё только «приспосабливаться». (Так что здесь логика долговременного развития речной долины во взаимосвязи с механическими свойствами размываемых горных пород не срабатывает и искать в этом вопросе какие-либо связи и противоречия не имеет смысла). На тот момент дно каньона являлось просто своеобразной магистралью для транзита и сброса с плато вниз больших объемов воды из затопленной центральной части плато. И параллельно с этим шло «очищение» нижних частей каньона от смытых со склонов разрушенных рыхлых пород. Скорость течения этого потока сначала была небольшой, но по мере понижения базисного уровня на западе каньона (размыва более широкого прохода в уступе Гранд-Уош), она понемногу возрастала, что привело к постепенному углублению и сужению долины. Постепенное врезание потока в нижележащие породы привело сначала к осушению обширного дна каньона, о существовании которого нам напоминает выположенная илистая серая поверхность, занимающая центральную часть Гранд-Каньона (Рис. 27a,b), а затем к формированию в пределах долины окончательного русла реки, соотносимого по поперечному сечению с объемом поступающей в каньон воды.

Так стартовала заключительная **5-я стадия** формирования Гранд-Каньона – интенсивное врезание русла в его нижней части за счет постоянного долговременного поступления воды из остаточных водоемов. Деваться реке уже было некуда, она стала заложницей своего русла, и ей оставалось только углубляться вниз, размывая нижележащие породы. Благо источники поступления воды были обширны. В силу рельефа местности, в этой роли выступали 3 остаточных водоема, показанные на Рис. 23.2f и 24c. О длительном затоплении этих территорий свидетельствует характер рыхлых отложений (Рис. 23.3k,l) и отчетливо читаемые следы волноприбойных линий уходящей воды в древних остаточных водоемах (Рис. 23.3m,n) идентичных таковым в современной зоне затопления водохранилища Пауэл (Рис. 23.3m,o). Эти водоемы явились долговременным (на десятки лет) постоянным мощным источником поступления воды в реку Колорадо, за счет которой был сформирован современный облик нижней узкой части ГК вдоль русла реки с крутыми, а часто и вертикальными стенками. Они же сыграли важную роль в достаточно быстром выравнивании продольного профиля реки. Поток такой мощности было всё равно какие породы стоят на его пути, будь то базальты, сланцы, известняки, песчаники или граниты. Они могли создать ему лишь кратковременное препятствие. Это дает объяснение «неизбирательности» реки Колорадо при прохождении разных типов пород, которую отмечают многие наблюдатели. Так же создается впечатление, что приустьевые части мелких боковых притоков реки Колорадо в нижних частях каньона разрабатывались не ручьями, стекающими вниз, а самим речным потоком снизу вверх, настолько интенсивно они размывы, что в очередной раз подтверждает мощность этого водного потока. Этот последний этап формирования каньона растянулся на долгие годы (на десятки и даже сотни лет). Ну а после того, как эти «водохранилища» опустели (Рис. 24d), ГК приобрел тот вид, который предстает перед нами сейчас. Река Колорадо перешла на сезонное питание и продолжала течь с тех пор по настоящее время по проработанному руслу, но вклад ее в формирование каньона уже был минимален. И произошло это не миллионы лет назад, а совсем недавно, всего пару тысяч лет назад.

Резюмируя изложенное, можно сказать, что Гранд-Каньон, в его современном виде, был образован в результате многоактного катастрофического геологического процесса. И создала его не река Колорадо, как считается на данный момент, а мощные водные потоки Атлантики, прокатившиеся по плато Колорадо в двух направлениях, вскрывшие и размывшие на большую глубину осадочные горные породы в его западной части и, в итоге, затопившие ровную поверхность плато на непродолжительное время. Серьезным аргументом в пользу утверждения о краткосрочном затоплении большей части территории является характер распространения лесной растительности в этой части плато Колорадо. Как можно увидеть на Рис. 28, лес сейчас растет почти исключительно в тех местах, которые не были затоплены морской водой. А наиболее

вероятной причиной такой его «избирательности» является уровень засоления поверхности плато во время затопления. (Чтобы подтвердить или опровергнуть данное утверждение следовало бы провести сравнительный анализ почвы в местах, которые никогда не покрывала вода - северная часть плато Кайбаб; покрывала вода, но не долго - поверхность плато в центральной части ГК и долго стояла там - поверхность плато в восточной части каньона. Концентрация соли в этих пробах должна возрасти в том же порядке).

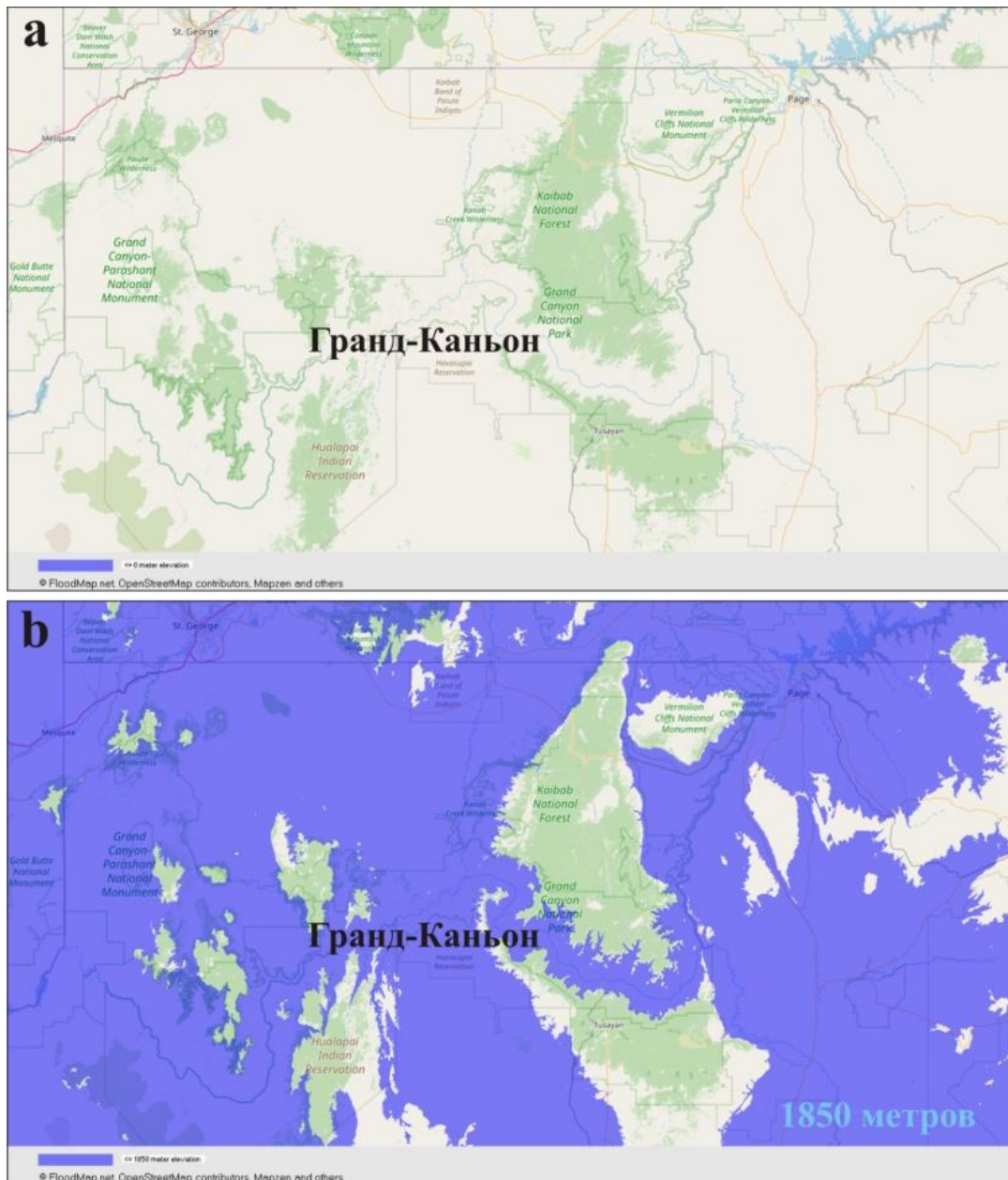


Рис. 28. Характер распространения лесной растительности (зеленый цвет) вокруг Гранд-Каньона (а); та же картинка с уровнем затопления 1850 м (b).

Разные части каньона на первом этапе были размыты до разной глубины, и будущей реке предстояло еще долго выравнять профиль своего движения. Возможно, именно это обстоятельство вводит в заблуждение геологов изучающих каньон, заставляя делить его на блоки в зависимости от скорости врезания реки. Ведь они считают, что первичной была река, а по нашим рассуждениям происходило ровно наоборот. При этом сложилась парадоксальная ситуация, противоречащая теории эволюционного развития речных систем - река не сама образовала своё русло, а заняла уже практически готовое русло, которое сформировалось в процессе перетекания воды из смежных изолированных частей каньона друг в друга по мере снижения и выравнивания

уровней их затопления. Так что по существу, река Колорадо, которая сейчас протекает по дну Гранд-Каньона, не имеет к формированию красочных уступов каньона никакого отношения. Речной режим здесь включился уже на заключительных стадиях его образования и река, быстро сформировав своё русло внутри каньона, занималась только опустошением остаточных водоемов, перенося огромные объемы воды, что сопровождалось интенсивным врезанием русла в нижележащие породы.

Внимательный взгляд на ГК с точки зрения описанного сценария событий (Рис. 27а,б) позволяет визуально легко различить 3 разнообразных морфологических типа в его строении, что свидетельствует об их разном генезисе: широкие интенсивно расчлененные внешние части ГК с крутыми ступенчатыми стенками (1-3 стадии - размыв, затопление и постепенный сход воды), слабонаклонная относительно широкая центральная часть с многочисленными заливами (4 стадия – широкое дно протоканьона и протореки) и узкая глубокая долина р. Колорадо в нижней части каньона (5 стадия – интенсивное врезание). И эти генетические различия прослеживаются от периферии к центру на протяжении всего каньона. В отличие от сторонников его древней истории, которые «режут» каньон по длине на разновозрастные сегменты.

Процесс образования ГК был весьма кратковременным, а по геологическим меркам вообще почти мгновенным. Стадии размыва и затопления исчисляются днями, а схода воды с плато в течение последних трех стадий – десятками или сотнями лет. Так что весь процесс его образования вряд ли превышает несколько сотен лет. Произошло это событие, непосредственно связанное с катастрофой в Атлантике, тоже совсем недавно – около 2800 лет назад. А о его датировке более подробно рассказано в статье автора «Однажды в Америке». (<http://lyukhin.ru/wp-content/uploads/2014/04/Однажды-в-Америке.pdf>)

И, в заключение, еще два примера, дополняющих нашу аргументацию описанных событий.

На Рис. 29 приведена фотография каньона Сикамор, расположенного в 100 км на юго-восток от Гранд-Каньона. Мы предполагаем, что примерно так выглядел бы и сам ГК, если бы не 3-я стадия (затопления и постепенного схода воды), которая сформировала на его уступах ступенчатый профиль.



Рис. 29. Каньон Сикамор.

(https://www.americansouthwest.net/arizona/sycamore_canyon/wideview_1.html)

Этот небольшой разветвлённый каньон протяженностью около 40 км, не связанный с каким-либо серьезным водотоком, расположен на плато Колорадо к юго-западу от Флагстаффа (Рис. 30). Его стенки и уступы сложены теми же породами, что и у ГК, и образовался он предположительно так же в результате разового размыва. Однако в силу своего расположения в верховьях крупной широкой долины, имеющей свободный выход с плато в сторону Калифорнийского залива, вода после размыва из него ушла сразу, что не позволило его склонам приобрести такой

мелкоступенчатый профиль как у ГК. И они остались, как были с момента образования, - просто крутыми склонами с ровным профилем, поэтому и выглядят не так впечатляюще.

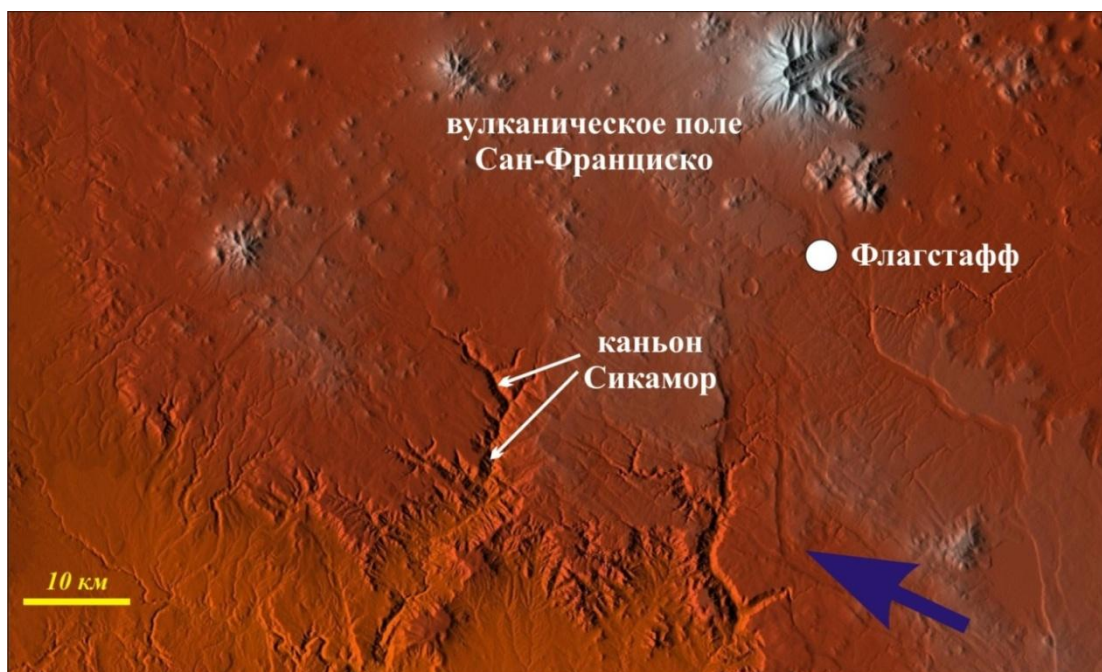


Рис. 30. Местоположение каньона Сикамор на карте рельефа.

А чтобы не было сомнений в достоверности следов волно-прибойной деятельности при падении уровня воды в водоеме, на приведенной ниже фотографии (Рис. 31) прекрасно видно, какие следы оставляет отступающая вода в Мертвом море, падение уровня которого является неоспоримо доказанным фактом.



Рис. 31. Следы падающего уровня воды на берегу Мертвого моря (автор: hajoff <https://hajoff.livejournal.com/616273.html?replyto=2588497>).

5. Некоторые другие природные феномены юго-запада США

Теперь давайте охватим территорию немного шире (Рис. 32) и посмотрим, как можно увязать наш сценарий с происхождением других природных объектов на юго-западе США. И дополнительно ответим на вопрос, куда же делась та масса смытых с плато Колорадо и из Гранд-Каньона рыхлых пород.

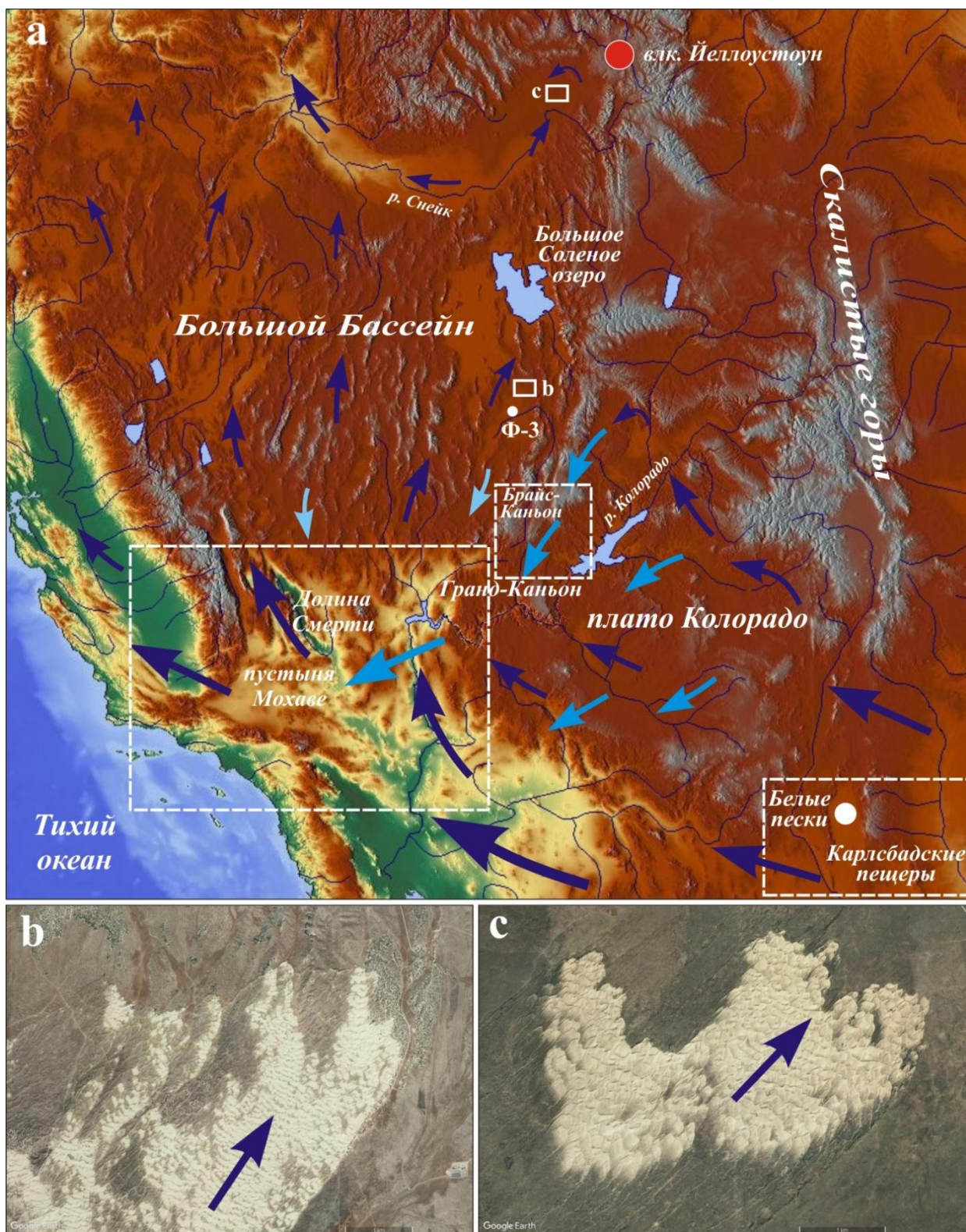


Рис. 32. Схема прохождения водных потоков по юго-западной части Северной Америки на карте рельефа (а); (б и в) – локальные скопления песка в Большом Бассейне (стрелки показывают направление их движения).

Один из важных вопросов, на который нам необходимо дать ответ, состоит в том, каким образом соленая вода из Атлантики могла попасть на территорию **Большого Бассейна**¹⁰ (далее в тексте – ББ). Ранее нами предполагалось (см. [«Однажды в Америке»](#)), что это происходило со стороны Скалистых гор и плато Колорадо. Однако, местоположение (Рис. 32а) и направление переноса и осаждения песчаных отложений на территории ББ (Рис. 32b,c), свидетельствует о том, что вероятнее всего, это сделали потоки, поднявшиеся на это нагорье с юга. В силу рельефа местности, направление водных потоков от очага мегацунами, проходящих южнее плато Колорадо, было самым «комфортным» для них (см. Рис. 9). Так что они достигли южной оконечности ББ первыми. А далее, для их подъема на территорию ББ мог сработать эффект сообщающихся сосудов разных диаметров, вследствие чего скорость и, соответственно, энергия потоков резко возрастала при прохождении ими узких глубоких горных долин, таких как Долина Смерти и параллельная ей долина современного нижнего течения р. Колорадо (Рис. 35а). Оси этих долин расположены под тупым углом к направлению движения водных потоков, и они явились транспортными артериями по доставке соленой воды в Большой Бассейн. Здесь, так же как в южноамериканских Андах (о чем было написано в статье [«Гибель цивилизаций»](#)), сработал эффект сообщающихся сосудов разного диаметра. И поток воды, подошедший к ББ с юга, со стороны пустыни Мохаве, поднялся с большой скоростью по узким долинам меридионального направления, как по капиллярам, надолго затопив эту бессточную долину солеными водами. Большая часть воды с тех пор испарилась, оставив на территории ББ многочисленные солончаки и Большое Соленое озеро (которое при огромной площади в 5 000 кв. км имеет максимальную глубину всего 5 метров). Это дает простое объяснение как самому факту наличия здесь соли, так и причине её появления на этом высокогорном плато (которой, если бы не эта катастрофа, здесь по хорошему вообще не должно было быть).

Хотя размер песчаных дюн небольшой, всего несколько километров, следы их движения и осаждения позволяют говорить о высокой скорости водных потоков их переносящих, и это были не золотые процессы. По своей структуре они очень напоминают якутские тукуланы¹¹ (Рис. 33а) (о происхождении которых было рассказано в [докладе автора](#) на конференции в Якутии в 2016 году) и «молодые» шевронные дюны на южном побережье Мадагаскара (Рис. 33b), образование которых связывают с подводным ударным кратером Бёркл, который, как считают Массе с соавторами (Masse et al, 2007), упал в южной части Индийского океана 4 800 лет назад.



Рис. 33. Якутские тукуланы (а) и шевронные дюны на Мадагаскаре (b).

По нашим представлениям эти объекты, расположенные почти в противоположных точках северного и южного полушария, образовались примерно в одно и то же время по одинаковой причине и от одного источника, только океаны разные. Пески в якутские тукуланы были

принесены и отложены на обширной долине р. Лена водами Северного Ледовитого океана, «подхватившими» эстафету от вод северной Атлантики. А шевронные дюны на берегу Мадагаскара оставили волны уже не мегацунами, а компенсационных потоков, направленных в Атлантику, для выравнивания уровня Мирового океана.

Дополнительным аргументом в пользу этой версии могут послужить следы интенсивной водной эрозии известняков в ББ (Рис. 34), которые могли образоваться только в том случае, если они долгое время находились в прямом контакте с водной средой.



Рис. 34. Следы интенсивной водной эрозии известняков в Большом Бассейне (местоположение приведено на Рис. 32 – белая точка Ф-3). (Фрагмент фото, автор: Calvin Jones <https://goo.gl/maps/Dn9S7wGpHK575Krk9>).

Для объективности приведем официальную точку зрения на образование Большого Бассейна. Согласно современным представлениям, наличие большого количества солей в нём объясняют тем, что когда-то этот регион был ниже уровня моря и был его частью или глубоким большим заливом. В результате мощных тектонических процессов, создавших горную цепь Сьерра-Невада, морской залив оказался отрезанным от моря и стал огромным озером. Последующие движения земной коры подняли это озеро над уровнем моря (*на высоту 3000 метров, не расплескав при этом воды*), горы Сьерра-Невада сделали климат Большого Бассейна сухим, озеро стало высыхать, и концентрация солей в нем стала увеличиваться.

Но вернемся к нашим потокам. Попутно с ББ, становится объяснимо и происхождение **впадины Бэдуотер** (Рис. 35а,с) - самой низкой точкой земной поверхности в Северной Америке, расположенной в **Долине Смерти** (Рис. 35а,б) на глубине 86 метров ниже уровня моря. По современным представлениям, Долина Смерти представляет собой грабен¹² - опущенный участок поверхности земли между двумя горными хребтами, который сформировался на этом месте от 2 до 4 млн. лет назад. Понятно, что другим образом само существование самой глубокой впадины в узкой бессточной долине, окруженной высокогорными хребтами, объяснить весьма затруднительно. Тем более что всего в 136 километрах от впадины находится самая высокая точка континентальных США — гора Уитни (Mount Whitney) высотой 4 421 метра. Мы не будем здесь оспаривать это предположение, только выскажем свою точку зрения по возможному механизму образования подобного объекта, без привлечения глобальной тектоники. Она

заключается в том, что большая часть рыхлых пород из этой узкой долины была смыта и вынесена мощным водным потоком на территорию Большого Бассейна. А завершающая часть потока, которая не смогла преодолеть этот подъем, прокатилась по этой долине еще раз, но уже в противоположном направлении, и вынесла оставшуюся часть рыхлых пород в сторону Калифорнийского залива и на долгое время затопила её солёной водой. И конечно не исключен вариант, что это действительно активный грабен и описанные выше водные потоки просто его дополнительно «подчистили».

И вообще, в этом месте завязался своеобразный геологический «узел», центром которого стала **пустыня Мохаве** (Рис. 35а), образование которой в этом месте и дает нам ответ на один из главных вопросов – куда же делся огромный объем пород, смытых с плато Колорадо и из ГК.

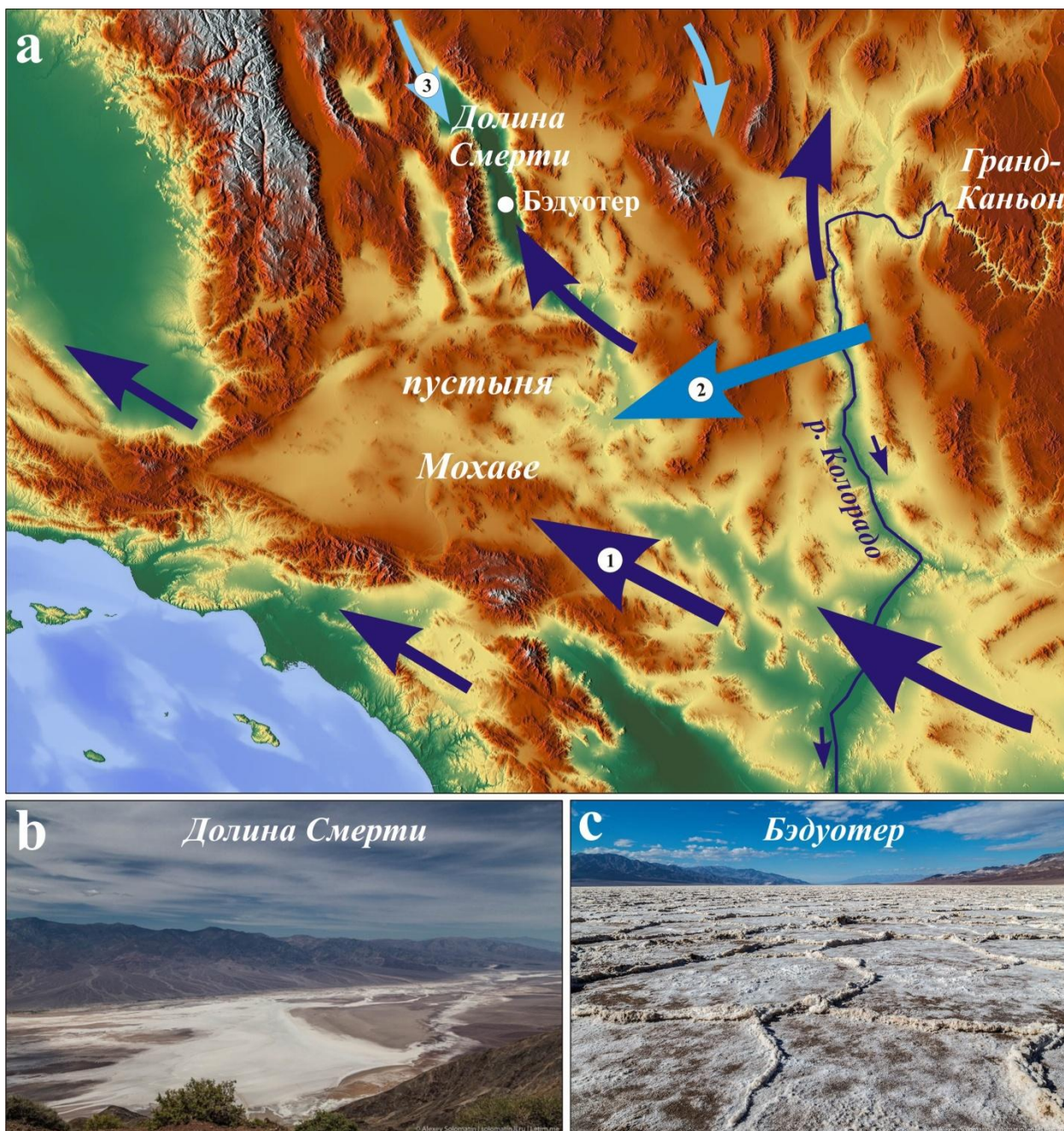


Рис. 35. Местоположение пустыни Мохаве на карте рельефа (а) и фотографии Долины Смерти (б) и самого низкого места североамериканского континента - впадины Бэдуотер (с). (Фотографии с сайта: <https://solomatin.livejournal.com/617123.html>).

Эта обширная межгорная котловина в виде гигантского наконечника копья, устремленного своим острием в сторону Тихого океана, ограниченная с трёх сторон горными цепями и открытая «для входа» лишь с восточной стороны, явилась идеальной ловушкой (*и одновременно резервуаром*) для осаждения рыхлого материала, смытого и перенесённого водными потоками мегацунами, как северо-западного, так и западного направлений. На карте рельефа местности (Рис. 35а) хорошо видно, что рыхлые отложения заполнили ровным слоем эту котловину почти полностью, остались видны лишь вершины гор. Причем в её формировании соблюдалась временная очередность, отмеченная на Рис. 35а цифрами на стрелках разнонаправленных потоков. Первую лепту в её образование внесли первичные потоки, огибающие плато Колорадо с юго-востока (цифра 1). За ними пришли потоки, выносящие большое количество рыхлого материала, в том числе из размытого ГК, с самого плато (цифра 2). Ну, а завершающими штрихами явились «обратные» потоки с Большого Бассейна (цифра 3), придавшие восточной части пустыни полосчатую структуру. Так что именно в самом наличии здесь этой пустыни и кроется разгадка вопроса, куда делись рыхлые отложения, смытые с плато Колорадо. А также дается объяснение еще одной неразрешенной до сих пор загадке – почему в дельте р. Колорадо так мало рыхлого материала, не покрывающего объема вынесенных из Гранд-Каньона пород.

И, в заключение этого краткого обзора, рассмотрим два примера причинно-следственной связи в последовательном образовании двух разных природных объектов, причём одного за счёт другого, в рамках единого процесса. Первый пример касается происхождения Карлсбадских пещер и пустыни Белые пески и уже приводился в статьях автора [«Однажды в Америке»](#) и [«Неизвестная катастрофа ...»](#), опубликованной в журнале «Наука и жизнь» (№ 4, 2021), но так как эти объекты находятся в непосредственной близости от плато Колорадо (Рис. 32а) и образованы во время одного глобального процесса, полагаем, что уместно его повторить и здесь.

Считается, что большинство пещер на нашей планете образовались посредством дождевых и грунтовых вод, которые медленно по трещинам растворяют известняки, образуя в них полости. Однако **Карлсбадские пещеры** (*а это одна из крупнейших пещерных систем мира*) расположены в толще известняков над уровнем грунтовых вод. Климат там сухой, просачиваться особо нечему, поэтому официальной наукой был предложен такой вариант. Глубоко под известняками находятся залежи нефти. В конце кайнозоя (4-6 млн. лет назад) сероводород начал просачиваться из нефти в грунтовые воды (*почему-то предполагается, что в те времена пласт известняков находился ниже уровня грунтовых вод*). При его взаимодействии с кислородом (из грунтовых вод) образовалась серная кислота, которая поднимаясь вверх по трещинам, агрессивно растворяла известняковые отложения с образованием полостей. Около 4 млн. лет назад этот процесс прекратился, оставив после себя массивные залежи гипса, и Карлсбадские пещеры приобрели тот вид, который мы наблюдаем сейчас.

А в 200 км от этих пещер по направлению на северо-запад находится ещё один феномен Северной Америки – **пустыня Белые Пески** (Рис. 36). Пески этого уникального природного объекта состоят не из кварца, как в большинстве других пустынь мира, а из значительно менее прочного гипса, который к тому же легко растворим в воде. Именно поэтому они имеют белый цвет и больше похожи на наметённые снегом сугробы. Происхождение этих песков связывают с тектоническими подвижками, произошедшими на этой территории десятки миллионов лет назад, в результате которых пласты отложенного в мелких морях гипса были подняты на вершины вновь образованных горных хребтов, и оттуда зерна гипса постепенно сносились и откладывались в межгорной котловине.

Однако, если сопоставить относительное местоположение этих объектов с направлением движения водных потоков и с картой рельефа местности, то можно с большой долей уверенности предположить, что гипсовый песок в пустыне Белые пески – это вымытый из Карлсбадских пещер гипс, перенесённый и осаждённый в большой межгорной котловине, как в естественной ловушке.

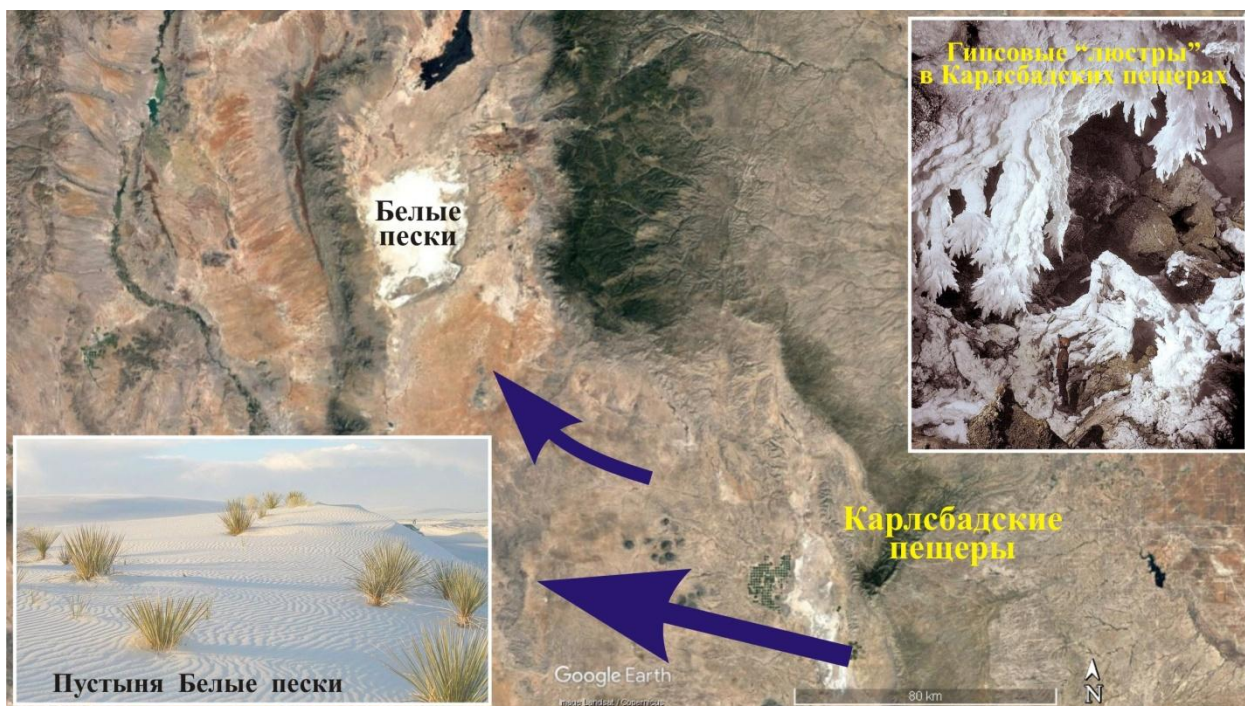


Рис. 36. Расположение пустыни Белые Пески и Карлсбадских пещер на карте Google Earth (стрелки показывают направление водных потоков). На врезках - фотографии этих объектов.

Вода вскоре сошла, а гипсовый песок остался. И произошло это не миллионы лет назад, а совсем недавно. Гипс очень непрочный материал и за миллионы лет он просто превратился бы в пыль. Так что, по всей вероятности, и Карлсбадские пещеры в их нынешнем виде, и пустыня Белые пески, это достаточно молодые геологические образования, появившиеся здесь несколько тысячелетий назад, как производные описанной выше космогенной катастрофы.

А чуть позже, в 750 км от этого места, уже на плато Колорадо, произошла ещё одна подобная история. В 130 км севернее Гранд-Каньона располагается ещё одно широко известное чудо природы – **Брайс-Каньон** (Рис. 37a,b), который на самом деле больше похож не на каньон, а на гигантский природный амфитеатр, протянувшийся на 10 км вдоль восточного склона гор, обрамляющих с запада плато Колорадо. Он известен своими уникальными геологическими структурами, которые называются хеду, и представляют собой высокие тонкие остроконечные геологические образования, возвышающиеся над поверхностью земли и состоящие из разноцветных слоистых осадочных пород, покрытых сверху слоем более твердой и стойкой к эрозии породы (Рис. 37d).

Высота края Брайс-Каньона варьируется от 2400 до 2700 метров над уровнем моря, в то время как южный край Гранд-Каньона расположен на высоте 2100 метров над уровнем моря. На основании этого считается, что эта территория отличается более резко континентальным климатом, который, в свою очередь, и послужил причиной образования подобных структур.

Согласно официальной версии, основными естественными силами выветривания и эрозии, которые создают хеду, являются лед и дождь. Высота, на которой расположен Брайс-Каньон, имеет перепады температур выше и ниже нуля в течение 200 ночей в году, что считается наиболее важным фактором для их образования, которое связывают с процессом «ледяного расклинивания» (“ice wedging”) пород по следующей схеме. Вода (дождевая или от растаявшего снега) попадает в трещины в осадочных породах, ночью она замерзает, увеличивается в объеме на 9%, заставляя породу расколоться. И постепенно, с открытой стороны склона, породы распадаются на стены, окна, а затем и на отдельные хеду. Как это показано на Рис. 38.

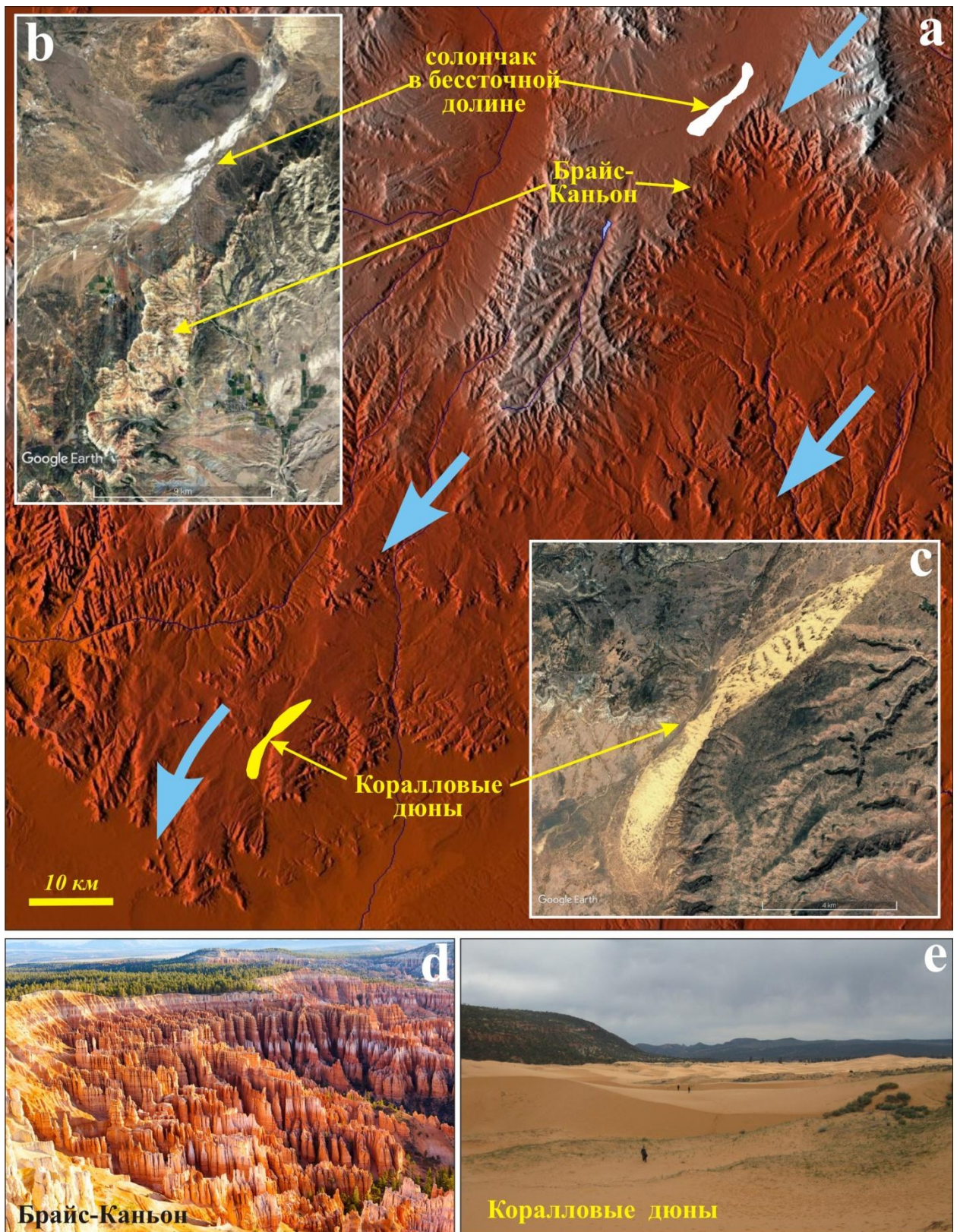


Рис. 37. Расположение Брайс-Каньона и пустыни Коралловые дюны на карте рельефа (а). Голубые стрелки показывают направление водных потоков. На врезках: Брайс-Каньон (b) и Коралловые дюны (c) на карте Google Earth; (d и e) – фотографии этих объектов.

И всё бы в этом объяснении выглядело хорошо, если подобными каньонами были окружены все склоны, обрамляющие плато на этих высотах. Однако мест с такими же породами и природными условиями много, а Брайс-Каньон такой один. Значит дело не только в этом.

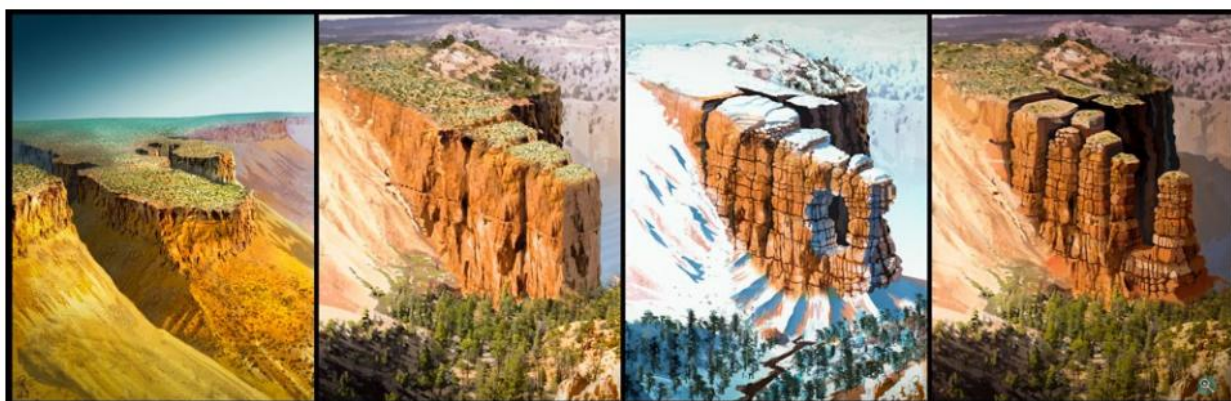


Рис. 38. Циклы образования худу под действием процессов выветривания и эрозии по официальной версии (источник: сайт Национального парка Брайс-Каньон, Брайан Роанхорс / NPS (<https://www.nps.gov/brca/learn/nature/hoodoos.htm>)).

Несомненно, воздействие ветра, воды и льда как играли, и до сих пор играют, какую-то определённую роль в формировании каньона в его современном виде, но первопричиной его появления именно здесь, стал размыв этого склона потоками юго-западного направления, описанный нами в предыдущем разделе (см. 2-я стадия образования Гранд-Каньона).

А в 80-ти км юго-западнее каньона (как раз по направлению движения потоков) в межгорной котловине, не связанной ни с каким водотоком, находится локальная **пустыня** под названием **Коралловые дюны** (Рис. 37с,е), песок в которой имеет розовый оттенок (и очень похож на тот, что может получиться, если перемешать разноцветные песчаные отложения Брайс-Каньона). Считается, что дюны образовались в интервале от 10 000 до 15 000 лет назад в результате ветровой эрозии песчаника, слагающего окружающие горы. Сильный ветер, проходящий через выемку между горами Мокит и Мокасин, выдувал рыхлые частицы песка, а затем сбрасывал их на дюны в результате эффекта Вентури¹³. Эта пустыня расположена на высоте 1800-1950 метров и является **единственным крупным скоплением песчаных дюн на плато Колорадо**.

Обратите внимание на этот факт. Это единственная небольшая пустыня на обширном плоском высокогорном плато, с резко континентальным климатом, сложенном легко разрушаемыми эрозией осадочными породами, значительную часть которых составляют хрупкие песчаники. На территориях с такими характеристиками песчаных скоплений должно быть много, но по факту они отсутствуют. И хотя наш ответ на этот вопрос уже был дан ранее, повторим его ещё раз. Те рыхлые отложения (в том числе и песчаные дюны), которые присутствовали на плато до катастрофы, были смыты с него водными потоками мегацунами. А пустыня Коралловые дюны была образована, когда водный поток юго-западного направления шедший по юго-восточному склону гор вынес песок из размывтого им же Брайс-Каньона и отложил его на этом месте в межгорной котловине, и, возможно, за счет того же эффекта Вентури, только не в воздушной, а водной среде.

Дополнительным аргументом в пользу нашей версии служит наличие обширного солончака в высокогорной, практически бессточной долине немного севернее Брайс-Каньона (Рис. 37а), который мог образоваться в этом месте только за счет принесенной потоком солёной морской воды, которая впоследствии испарившись, оставила соль в этом месте.

Приводя эти примеры, мы хотели во-первых, еще раз подчеркнуть **грандиозные масштабы** процессов инициированных катастрофой, и, во-вторых, продемонстрировать работу **причинно-следственных связей**, увязывающих между собой множество событий и проявлений, что, в итоге, позволяет нам нарисовать простую и понятную картину того - **что, почему, как и когда произошло в этой части североамериканского континента в недавнем прошлом**.

Заключение

Плато Колорадо - уникальное место, где на фоне тоскливого единообразия полупустынных пейзажей, перед изумленным взором путешественника, неожиданно возникают, то глубокие каньоны с крутыми стенками, напоминающими слоёный пирог, то устремленные высоко к небу каменные монументы причудливой формы, то другие экзотические природные объекты разнообразных форм и размеров, полюбоваться которыми съезжаются миллионы туристов со всего мира. Кажется, что природа, создавая эти шедевры, решила таким образом компенсировать ущерб, нанесенный этой территории во время произошедшей глобальной катастрофы.

Одним из таких шедевров и был основной объект наших исследований – знаменитый Гранд-Каньон, который, как выясняется, был образован в результате многостадийного процесса, состоящего из 3-х основных этапов: 1. Вскрытие и интенсивный размыв протоканьона разнонаправленными потоками; 2. Затопление и постепенный сход воды и, 3. Включение речного режима и интенсивное врезание реки. Примерно по схеме: мегацунами→водоем→река. Из чего следует довольно интересный и парадоксальный вывод о том, что река Колорадо по большому счету не имела к образованию каньона прямого отношения. *(Во всяком случае, это утверждение касается формирования его живописных боковых склонов)*. Она просто заняла долину на дне протоканьона *(или, если угодно, протоканьон предоставил своё дно реке Колорадо)* и сформировала там свое новое русло. И, в принципе, получается, что оказываются правы те наблюдатели, кому представлялось удивительно странным, что такая небольшая речка смогла проделать такую объемную работу. Ведь именно из-за несопоставимости этих объектов – современной реки и каньона, цифры в миллионы лет его формирования не вызывали такого явного отторжения, несмотря на явно «молодой» облик Гранд-Каньона.

В связи с этим хочется сказать о датировках этого события. Как-то незаметно получилось, что мы, порой сами того не осознавая, стали заложниками цифр. Данные радиоизотопных методов датирования становятся главнее логики, здравого смысла и оценки визуального восприятия объекта. Но ведь это неправильно. Если датировка объекта противоречит логике его образования, то надо внимательнее присмотреться к самому методу определения возраста *(или вообще поставить вопрос о правомерности определения возраста данным методом)*, а не отключать логику. Датировка чего-либо радиоизотопными методами – это просто цифры, а не неоспоримый факт. Они несут в себе массу допусков и плохую воспроизводимость. Факт – это реальное существование самого объекта исследований. А его датировка, это всего лишь вспомогательный инструмент, который должен помогать нам разобраться в истории происхождения и образования самого объекта. Ведь в первую очередь важно именно **как (а не когда) это произошло**.

Эрозия – это эволюционный, деструктивный процесс физического разрушения и дезинтеграции каменного материала. Она ведет не к созданию, а к сглаживанию и выравниванию резких форм рельефа, тем более, если эти формы сложены однотипными по физическим свойствам осадочными горными породами. И, если бы здесь, на плато Колорадо, происходило простое водно-эрозионное развитие долины на протяжении, как считается, миллионов лет, то никаких монументов, арок, каньонов, пещер на плато не было бы, а была бы только пологая, слабо расчлененная долина с холмистым рельефом покрытая толстым слоем дезинтегрированных рыхлых осадочных пород. Сформировать резко контрастные формы рельефа такого масштаба могут только высокоэнергетические процессы: либо краткосрочный тектонический, либо, как в нашем случае, - многоактный, катастрофический, обусловленный прохождением по этой территории мощнейших потоков воды (мегацунами), инициализированных падением крупного астероида в Атлантику. И произошло это, по нашим оценкам, относительно недавно – менее 3000 лет назад, поэтому эти формы рельефа сохранились и пока не успели пасть жертвой той же эрозии.

Кстати, тоскливому единообразию местных пейзажей тоже находится своё объяснение. Эта территория еще совсем недавно на короткий срок побывала дном обширного солёного водоема, именно поэтому здесь сейчас почти ничего не растёт, и она выглядит так непрезентабельно.

Хотя нашей основной задачей была попытка разобраться каким образом могло возникнуть это чудо природы – Гранд-Каньон, получилось так, что её решение попутно «зацепило» вопросы происхождения многих других уникальных природных объектов и проявлений на юго-западе США. И, в итоге, в очередной раз наглядно продемонстрировало работу причинно-следственных связей в природе, увязывающих их образование в рамках одного глобального процесса.

А ещё автор тешит себя надеждой, что тот, кто внимательно прочтет эту статью, будет смотреть на Гранд-Каньон уже совсем другими глазами. Да и не только на него. А посещая другие экзотические природные объекты, будет оглядываться по сторонам, искать и находить многочисленные следы размыва окружающих эти объекты территорий - следы Великого Всемирного Потопа на Земле.

Примечания

¹*Плато Колорадо* расположено во внутреннем поясе Кордильер Северной Америки, на юго-западе США. На северо-западе оно граничит с практически бессточным Большим Бассейном, а с севера и северо-востока ограничено Скалистыми горами. Площадь плато составляет свыше 300 тыс. км². Преобладающие высоты 1800–2500 м, наибольшая — 3861 м (г. Хамфрис-Пик). Климат субтропический, сухой, континентальный. Среднегодовое количество осадков 200–500 мм. Преобладает степная, сухостепная и пустынная растительность. Плато сложено докембрийскими кристаллическими породами, перекрытыми мощной осадочной толщей от палеозойского до палеогенового возраста. Подъем плато Колорадо до его нынешнего уровня произошел около 70 млн. лет назад

²*Гранд-Каньон* (*Grand Canyon*) — один из глубочайших каньонов в мире. Находится на плато Колорадо, штат Аризона, США, на территории национального парка «Гранд-Каньон», а также резерваций индейцев племен навахо, хавасупай и валапай. Длина каньона — 446 км. Ширина (на уровне плато) колеблется от 6 до 29 км, на уровне дна — менее километра. Максимальная глубина — 1857 м.

³*Река Колорадо* (исп. *colorado* – красный, цветной), река в США и Мексике. Длина 2334 км, площадь бассейна 635 тыс. км². Берёт начало на склонах Скалистых гор, протекает преимущественно по полупустынным и пустынным районам, впадает в Калифорнийский залив Тихого океана, образуя дельту площадью около 8000 км². Питание снеговое и дождевое. В верхнем течении половодье продолжается с мая по июль (пик в июне), осенью и зимой река маловодна.

⁴*Лис-Ферри* (*Lees Ferry*) — место, где находится официальная точка раздела нижнего и верхнего бассейна реки Колорадо

⁵*Слой Blackmat* («чёрное покрывало»), или YDB-слой (*Younger Dryas Boundary*) — тонкий слой богатых органическим веществом отложений тёмного цвета, мощностью от нескольких до 15 см, который содержит аномально высокую концентрацию наноалмазов, металлических и углеродных микро- и наносферул и множество других микрочастиц ударного происхождения

⁶*Детрит* (в геологии) - это частицы породы, полученные из ранее существовавших пород в результате процессов выветривания и эрозии. Частицы детрита могут состоять из мелких обломков породы или минеральных зерен. Эти частицы часто переносятся через осадочные процессы в системы осадконакопления, такие как русла рек, озера или океан, образуя осадочные отложения. Диагенетические процессы могут преобразовывать эти отложения в горные породы посредством цементации и литификации, образуя осадочные породы, такие как песчаник.

⁷*Голоцэн* - эпоха четвертичного периода, сменяющая плейстоцен и длящаяся последние 12 тысяч лет вплоть до современности.

⁸**Радиоуглеродный метод датирования** - разновидность метода радиоизотопного датирования, применяемая для определения возраста органических останков путём измерения содержания в материале радиоактивного изотопа ^{14}C по отношению к стабильным изотопам углерода.

⁹**Оптически стимулированное люминесцентное датирование** - физический метод датировки, основанный на определении момента времени, когда минерал в последний раз находился на свету.

¹⁰**Большой Бассейн (Great Basin)** — пустынное нагорье на западе Северной Америки, самое большое объединение территорий с бессточными впадинами на континенте.

¹¹**Тукуланы** (эвенк. тукала — «песок») — песчаные дюны, расположенные посреди тайги в Якутии, в бассейне реки Лена.

¹²**Грабен** (нем. Graben — ров, канава) — дислокация, участок земной коры, опущенный относительно окружающей местности по крутым или вертикальным тектоническим разломам. Грабены обычно образуются в зонах растяжения земной коры (рифтовых зонах). Величайшая система грабенов в Восточной Африке находится вдоль озёр Виктория, Ньяса, Танганьика. Крупнейшее пресноводное озеро на Земле — Байкал, также находится в грабене.

¹³**Эффект Вентури** заключается в падении давления, когда поток жидкости или газа протекает через суженную часть трубы.

Литература

Beard, L.S., Karlstrom, K.E., Young, R.A., and Billingsley, G.H., eds., 2011, CRevolution 2—Origin and evolution of the Colorado River system, workshop abstracts: U.S. Geological Survey Open-File Report 2011–1210, 300 p., available at <https://pubs.usgs.gov/of/2011/1210/>.

Crow, R., Karlstrom, K., Darling, A., Crossey, L., Polyak, V., Granger, D., ... Schmandt, B. (2014) Steady incision of Grand Canyon at the million year timeframe: A case for mantle-driven differential uplift. *Earth and Planetary Science Letters*, 397, 159–173. doi:10.1016/j.epsl.2014.04.020

Darling, A., and Whipple, K., 2015, Geomorphic constraints on the age of the western Grand Canyon: *Geosphere*, v. 11, no. 4, p. 958–976, doi:10.1130/GES01131.1.

Flowers, R. M., Wernicke, B. P. & Farley, K. A. (2008) Unroofing, incision, and uplift history of the southwestern Colorado Plateau from apatite (U-Th)/He thermochronometry. *Geol. Soc. Am. Bull.* 120, 571–587.

Haines, D.V., and Bowles, C.G., 1976, Preliminary geologic map of the Wupatki NE quadrangle, Arizona: U.S. Geological Survey Open-File Report 76-703, scale 1:24,000.

Karlstrom KE, Lee JP, Kelley SA et al (2014) Formation of the Grand Canyon 5 to 6 million years ago through integration of older palaeocanyons. *Nature Geoscience*, v. 7, p. 239–244

Karlstrom, K. E., Crossey, L. J., Embid, E., Crow, R., Heizler, M., Hereford, R., ... Kelley, S. (2016). Cenozoic incision history of the Little Colorado River: Its role in carving Grand Canyon and onset of rapid incision in the past ca. 2 Ma in the Colorado River System. *Geosphere*, 13(1), 49–81. <https://doi.org/10.1130/GES01304.1>

Liu, T., Ji, L., Baker, V.R., Harden, T.M., and Cline, M.L., 2020, Holocene extreme paleofloods and their climatological context, upper Colorado River Basin, USA. *Progress in Physical Geography*, DOI: 10.1177/0309133320904038.

Masse WB, Weaver RP, Abbott DH, Gusiakov VK, Bryant EA (2007) Missing in action? evaluating the putative absence of impacts by large asteroids and comets during the Quaternary Period. *Proceedings of the Advanced Maui Optical and Space Surveillance Technologies Conference*, Wailea, Hawaii, pp 701–710

Pederson, J., 2008, The mystery of the pre–Grand Canyon Colorado River—Results from the Muddy Creek Formation: *GSA Today*, v. 18, p. 4–10, doi: 10.1130/GSAT01803A.1.

Соловьев А.В. Изучение тектонических процессов в областях конвергенции литосферных плит методами трекового датирования и структурного анализа. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. Москва, 2005
https://new-disser.ru/_avtoreferats/01002802656.pdf