

СОДОМ и ГОМОРРА: САМОВОСПЛАМЕНЕНИЕ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ, ПРОИЗВОДИМОЕ ТЕРМОБАРИЧЕСКИМИ - ГИДРОТЕРМАЛЬНЫМИ ВЗРЫВАМИ, ГЕНЕРИРУЕМЫМИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕМ

Арье (Лев) Гилат*, Александр Вол**

*Геологическая Служба Израиля, Иерусалим (пенс.); e-mail: levgilat@gmail.com

**Oshadi Drug Administration Ltd., Rehovot, Israel

Арье Гилат, перевод статьи: Gilat A. And Vol A., 2015. Sodom and Gomorrah: Fires Created by Ignition of Combustible Gases by Earthquake-Impelled Thermobaric-Hydrothermal Explosions. Journal of Geology & Geosciences Vol. 4: 202. Doi: 10.4172/2329-6755.1000202

Тезисы

Опираясь на результаты наших тектоно-геохимических исследований юго-западного побережья Мёртвого моря, опубликованных только в малодоступных читателю отчётах и тезисах конференций, и на новые очень актуальные публикации коллег о Плио-Плейстоценовом грязевом вулканизме в районе исследований, мы постараемся показать, что некоторые из происходящих там тектонических землетрясений генерировали термобарические-гидротермальные взрывы и пожары. В результате этого природного процесса в доломитизированных известняках образовалась несцементированная брекчия, концентрические и радиальные трещины и пещеры. Кое-где на породах сохранился поверхностный налёт, содержащий частицы сажи и даже микронного размера частицы золота. Мини- и средней-силы взрывы были вызваны мгновенным превращением в пар перегретой до 120-150⁰С смесью гидротермальных растворов с метаном и сероводородом, выброшенной из глубин землетрясением. Достигнув области атмосферного давления, перегретые растворы мгновенно превращаются в пар, при этом их объём увеличивается в 1700 раз. Эти взрывы, как и любые взрывы, производят мгновенные изменения давлений от очень высоких до атмосферного, что приводит к пульверизации гидротермальных растворов, выделению из них лёгких углеводородов и сероводорода, и понижению температуры их самовозгораний. Ионизированный пар и атмосферный кислород являются окислителями. Искры производятся электрическими токами, которые генерируются в основном взаимодействием высокоскоростного парогазового потока с горными породами. Авторы считают, что не только Содом и Гоморра, но и некоторые другие исторические пожары, уничтожившие города сразу после землетрясений, могли быть вызваны подобным естественным самовоспламенением горючих газов. В случае выброса очень большого объёма газов горение происходит высоко над земной поверхностью, у поднявшейся границы вырывающегося из глубин газа с кислородом воздуха; с уменьшением газового потока пламя опускается на землю. Авторы рекомендуют: для предотвращения

серьезных катастроф промплощадки, намеченные для строительства атомных электростанций и крупных химических заводов, должны быть проверены с точки зрения их возможной близости к активным глубинным разломам, особенно в районах, перекрытых рыхлыми отложениями или находящимися вблизи рек. Как показывает опыт, наилучшим средством для такой проверки является картирование эманацій гелия, выделяющегося по глубинным разломам; оно совершенно необходимо для выбора промплощадок в районах с известными проявлениями углеводородов, сероводорода и грязевых вулканов.

Ключевые слова (теги): Землетрясения и пожары, Термобарические Гидротермальные взрывы, Содом и Гоморра.

Введение

“И пролил Господь на Содом и на Гоморру дождем серу и огонь от Господа с неба. И ниспроверг города сии и всю окрестность сию, и всех жителей городов сих, и произрастания земли... ..и увидел: вот, пар поднимается с земли, как пар из печи.” [Бытие, 19:24-28, “kitor” в оригинальном библейском тексте на иврите означает «пар», а не «дым», как в некоторых переводах на русский язык].

Большинство читателей этой статьи, профессионалы или люди, интересующиеся естественными науками, знают приведенную выше цитату наизусть и подумали, по крайней мере, однажды: какая деталь делает описанное здесь повествование чудом? Скорее всего “...пролил ...серу и огонь от Господа с неба”; остальные детали знакомы нам из описаний катастрофических землетрясений. Мы предлагаем вашему вниманию одно из старейших описаний, взятое из судового журнала капитана корабля Бигль Фитца Роя, опубликованного в 1839 году. Землетрясение случилось в 1835 г. во время пребывания корабля в городе Концептион в Чили: “...конвульсивные подвижки... Жуткие подвижки усиливаются; люди с трудом удерживаются на ногах; дома раскачиваются и рушатся – и внезапно ужасный, чудовищный толчок разрушает всё, – и меньше чем за 6 секунд город превратился в руины. Ошеломляющие звуки падающих зданий; жуткий треск разрывающейся земли, которая распаивается и схлопывается раз за разом во множестве мест; отчаянные душераздирающие крики людей; удушающая жара; ослепляющие и удушающие облака пыли; полная беспомощность и растерянность” [1, стр. 403-404]. “... вода в заливе повсюду кажется кипящей; из неё вырываются пузыри воздуха или газа, потом она стала чёрной и выделяла очень неприятный запах серы. Огромное количество мёртвой рыбы было выброшено на берег; рыба была отравлена или задохнулась” [1, стр. 410]. “...около Бакалу Хед извержение прорвалось сквозь морские воды... Дым и вода выбрасывались на протяжении дня и пламя было видно ночью... Что касается состояния соседних вулканов, ... Из Валдивии передали, что сразу же после землетрясения активизировались все вулканы от Антуко до Осорно” [1, стр. 418]. Не правда ли, описанная здесь катастрофа совсем не похожа на “землетрясение как результат деформации пород под действием накопившейся упругой энергии”, как это объясняет современная парадигма? По мнению Чарльза Дарвина, участника того знаменитого плавания на Бигле, одна и та же чудовищная сила (химическая энергия), приподни-

мает материки и вызывает вулканические извержения [см. ссылку в 2, 3, авторские переводы этих статей на русский язык выставлены на сайтах Academia.edu и ResearchGate].

В статье “Геологические явления в Библии” [4] проф. Бентор рассматривает версию землетрясения, уничтожившего города Содом и Гоморру, и вызвавшего опускание и затопление южного бассейна Мёртвого моря. По его мнению, потоп объясняет, почему Лот и его семья спасались от “серы и огня” карабаясь по крутым склонам гор Зохар, вместо того, чтобы бежать “от огня с неба” на юг, по равнине (Рис. 1). Объяснить этот огонь естественными причинами Бентор не мог, потому что в районе Мёртвого моря нет активных вулканов, а наличие там грязевых вулканов во времена Бентора было еще не установлено. Он решил, что “редактор [библейского рассказа] чувствовал себя в полном праве заменить потоп на более впечатляющий механизм огня и серы, падающих с неба, места пребывания Господа” [4, стр. 333].

Общеизвестно, что многие землетрясения сопровождались гигантскими пожарами, в которых гибли сотни, иногда тысячи людей, и выгорали кварталы и целые города (Лиссабонское землетрясение 1755 г.; Сан-Франциско, 1906 г.; Токио, 1855 г. и слишком много других). Пожары объясняются обычно тем, что бежавшие в панике из своих домов обитатели оставляли незатушенными свечи и печи.

Авторы этой статьи, - геолог, с тридцатилетним стажем работы в Геологической Службе Израиля (GSI), и Вол, опытный физикохимик, - пытаются продемонстрировать в нижеследующих главах геологические и исторические свидетельства взрывов и самовозгораний горючих газов при землетрясениях на юго-восточном побережье Мёртвого моря. Анализируются физико-химические природные механизмы, которые дробят скалы и воспаляют горючие газы в сейсмически активных нефтегазоносных районах. В статье приводится и дополнительный неопубликованный прежде материал по гидротермально-пиробарическому метаморфизму (грязевому вулканизму) в при-Мёртвоморском районе Израиля.

Геология района исследований

Территория Израиля вытянута вдоль зоны гигантского трансформенного разлома Мёртвого моря, разделяющего Арабскую и Африканские плиты, и землетрясения там нередки. Геология Израиля была недавно описана различными авторами в “Геологическом Строении Леванта”[5]. Точное местонахождение Содома и Гоморры до сих пор не установлено, но большинство библейских исследователей помещают их в южный бассейн Мёртвого моря (абсолютная отметка около 400 м ниже уровня мирового океана), в окрестности соляного диапира горы Содом и муниципальных строений Неве Зохар (Рис. 1). Сейчас днище этого бассейна перекрыто аллювиальными отложениями, в основном глинами смешанного состава, склонными к разжижению при землетрясении (ликвификации), и рассолами испарительных бассейнов израильских и иорданских заводов Мёртвого моря. Большая часть рассматриваемого нами здесь района (Рис. 2) расположена на западном поднятии Мёртво-морской рифтовой депрессии (грабена) структурной глубиной 8-10 км, произведённого меридиональными левыми



Рис. 1. Спутниковая карта Мёртвого моря и Иудейской пустыни (взята из the Satellite Map of Israel, 1993, Historical Productions Ltd., C.N.E.S.).

подвижками на 105 км Сирийско-Африканского трансформенного разлома [6]. Район исследований расположен в восточной части Иудейской Пустыни и характеризуется полупустынным глубокорасчлененным рельефом с хорошо развитыми сдвиговыми разломами, ротацией блоков, их массивной доломитизацией. В районе исследований хорошо обнажены также низко- и высокотемпературные пирометаморфические породы, образовавшиеся при атмосферном давлении, и гидротермальные минерализации Плио-Плейстоценового возраста (зона “а”, Рис. 2).

Гилат проделал в 1970-1980 гг. геологическую съёмку в масштабе 1:50.000 и 1:20.000 район площадью в 1.000 кв. км, полосы шириной 20 км, которая пересекла Израиль в широтном направлении от холмов юго-западнее Хеврона до бассейна Мёртвого моря [7]. В 1980-ых он смог сосредоточиться на геоморфологическом и геохимическом картировании на этой территории зон сдвиговых разломов, относящихся к структурам Сирийской Дуги и Сирийско-Африканского транс-

форменного разлома. Представленная им тектоно-геохимическая модель минерализирующих процессов Иудеи [7], выглядит следующим образом: (а) многочисленные сдвиги

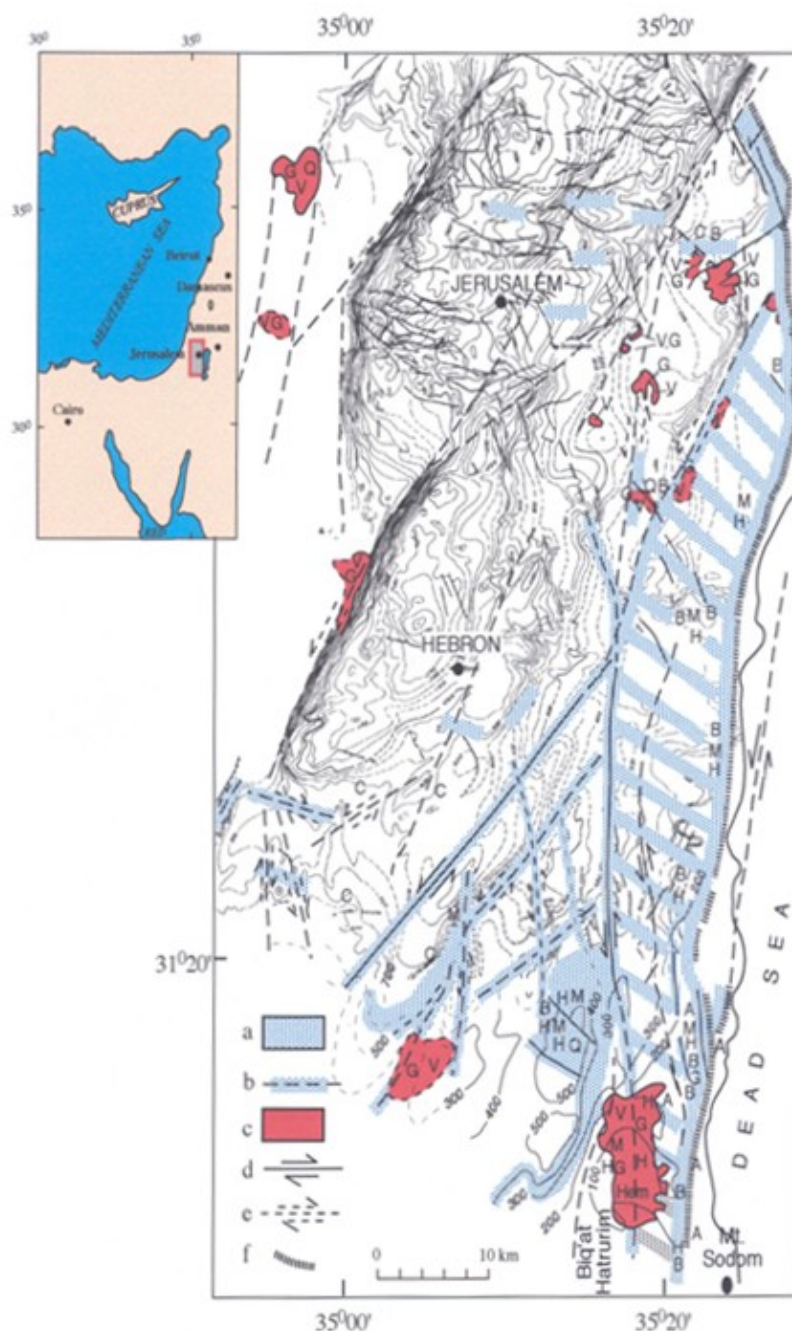


Рис. 2. Структурная карта центрального Израиля с районами затронутыми Плио-Плейстоценовыми гидротермально-метасоматическими и пирометаморфическими процессами (из [18]).

Опорный горизонт – кровля Турона, контуры через 50 м. а – область наиболее интенсивных сдвиговых подвижек, ротации блоков и массивной доломитизации вдоль сдвиговых зон дробления; в – массивная доломитизация вдоль главных разломов и флексур; с – районы развития низко-высоко-температурного с низким давлением Плио-Плейстоценового пирометаморфизма (грязевого вулканизма формации Хатрурим); d – главные сдвиговые и наклонные разломы; e – главные сдвиговые и наклонные разломы, предполагаемые; f – главные скальные эскарпы грабена Мёртвого моря. Плио-Плейстоценовые гидротермальные минерализации: А – выделения асфальта; В – барит; С – кальцит и G – гипс; Н – прожилки галита; Hem – гематит; М – аномалии металлов и редких элементов; V – волконскоит. Примечание: не вся площадь карты была опроискована.

говые разломы, ассоциированные с Трансформенным Разломом Мёртвого моря, наложены на структуры Сирийской Дуги в Иудее и рассекают их; (в) по крайней мере часть основных моноклиналей Сирийской дуги образованы и ограничены наклонными сдвигами; (с) “Синайско-Левантийская микро-плита” была разрезана на блоки доминирующими горизонтальными дислокациями, начиная, по-видимому, с Мезозойской Эры. Некоторые из этих сдвигов до сих пор активны и формируют рельеф; они являются хорошими проводниками для магматических интрузий, циркулирующих растворов и мантийного гелия (обнаруженного в большинстве опробованных нефтегазовых скважин Израиля в 1989 г. [8]); раздробленная глубинными разломами “микро-плита” является потенциальной металлогенической провинцией.

Обнаженные породы представлены Сеноман-Туронскими доломитами и известняками, Сантонским мелом, перекрытым Кампанскими слоями кремня и фосфоритов, Маастрихтскими мелями, обогащенными битуменом (до 15%), и кое-где Палеоценовыми глинами; около 50 кв.км. перекрыты пирометаморфическими породами формации Хатрурим (Рис. 2). Эти породы представлены чёрными “поджаренными” кремнями, голубоватым “апатитовым” известняком, перекрытым метаморфизованными битуминозными сланцами с крайне низким содержанием органики, и низкотемпературными полностью перекристаллизованными пестроцветными мелями и гидро-силикатами кальция. В ряде обнажений в их кровле выступают спурритовые и ларнитовые мрамора, и геленитовые и анортит-пироксеновые средне- и высокотемпературные роговые обманки [9]. Вся метаморфизованная толща пород прорезана жилами волконскоита, гипса и арагонита с высоким содержанием галита, барита, кварца и окислов железа, и минералами урана. Породы формации Хатрурим обычно занимают структурную позицию в зонах вертикальных и наклонных сдвиговых разломов под крупными флексурами (Рис. 2).

Для объяснения образования метаморфитов Бентор и др. [10] предложили гипотезу горения битуминозных сланцев как основной причины высокотемпературного изохимического метаморфизма при атмосферном давлении. Согласно этой гипотезе, горение происходило близко к поверхности в многочисленных мелких очагах. Вслед за обогревом в метаморфизированных породах происходили ретроградные процессы (гидрация, карбонатизация и сульфатизация). Гипотеза не объясняет, какое горючее горело в зоне окисления, часто на сотни метров выше ближайших горючих сланцев, и что было причиной его самовозгораний во множестве локальных очагов. Для объяснения механизма перекристаллизации метаморфизованных толщ и импрегнации их вторичными минерализациями гипотеза предлагала холодные атмосферные воды, но не могла объяснить, каким образом эти воды проникали в горячие ($>100^{\circ}\text{C}$) на стадии минерализации толщи пород. Последнее кажется маловероятным, поскольку при атмосферном давлении вода при встрече с перегретыми породами должна немедленно испаряться; тем не менее, гипотеза Бентора до сих пор поддерживается некоторыми израильскими геологами [11]. Бург закартировал метаморфические породы в районе Хатрурим, опираясь на корреляцию между ними и породами из которых они предположительно образовались [12]; его (с Хейманом) К-Аг определения абсолютного возраста метаморфизма

указали на Плиоцен (ок. 3 млн. лет). Бург тоже продемонстрировал на многочисленных примерах, что горение было приурочено к трещинам, через которые выходили горючие газы; во многих точках высокотемпературные породы находились от 10 до 200 м выше битуминозных пород [12]. Порат и др. получили Плейстоценовый возраст, используя методику ESR, электронного парамагнитного резонанса, - 1.2-1.7 и 0.2 млн. лет; Гур и др. получили возраст от 2 до 4 млн. лет по результатам анализов $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ [13].

Другими термальными процессами, развитыми в районе исследований является доломитизация известняков, с глубины более 2 км до поверхности при температурах до 120⁰С, масштабом в сотни кубических километров, за которой последовали баритизация и кальцитизация при температурах 150⁰ и более [14]. Гилат [14] предположил, что метаморфизм типа Хатрурим является гидротермальным метаморфизмом, комплексным процессом, вызванным тектоническими выбросами перегретых жидкостей, обогащенных летучими углеводородами. Достигнув области атмосферного давления, эти растворы со взрывами превращались в пар (гидротермальные или фреатические взрывы), образуя характерные трещины и брекчию.

С 2006 г. по настоящее время Вапник, Сокол, Новиков, Шарыгин, Хесин и др. опубликовали более 20 статей о геологии, геоморфологии, геохимии и минералогии “загадочного” в прошлом метаморфизма Хатрурим, где описали, кроме всего прочего, трубки взрывов, паралавы грязевых вулканов с температурами плавления около 1400⁰С (которые абсолютно нереально получить при горении битуминозных карбонатов) и открыли 19 новых минералов. Они предложили для объяснения образования пород Хатрурим новую гипотезу грязевого вулканизма, пирометаморфического процесса, при котором гидротермальные флюиды с большим количеством твёрдого материала, пара и углеводородного газа выбрасываются с глубокозалегающих горизонтов, и горение газов происходит на небольшой глубине или на поверхности (рис. 3) [15].



Рис. 3. Вид с запада на восток на спящие эродированные грязевые вулканы района Хатрурим, южный бассейн Мёртвого моря и Трансиорданские горы на заднем плане.

Вблизи потоков паралавы они нашли также самые ранние Палеолитовые орудия первобытного человека, сделанные из ларнитовых пород [16]. Эти ларнитовые породы

являются самыми плотными и самыми крепкими породами Леванта, исключительно трудными для обработки. Тем не менее, если судить по количеству отщепов и остатков орудий, устилающих склоны холмов, огромное количество каменных орудий было сделано там в течение продолжительных периодов времени. Сами авторы пользовались для отбора проб 2-х килограммовой кувалдой, а их словесные характеристики пород подтверждены принятыми механическими параметрами [16].

Причина возгораний - термобарические-гидротермальные взрывы, вызванные землетрясениями



Рис. 4. Образование пещеры диаметром ок. 3 м. в камере гидротермально-термобарического взрыва (правый верхний угол) в выемке шоссейной дороги Арад-Мёртвое море у зап. границы района Хатрурим. Растрескавшаяся серая порода – доломитизированный Туронский известняк. Видны концентрические трещины, обрамляющие отверстие пещеры, наложенные на систему тектонических вертикальных трещин и реликт слоя белого недодомитизированного известняка в нижней части фотографии.

Брекчия с многочисленными полыми трещинами и пещерки (Рис. 4, 5) были зарегистрированы к западу от Мёртвого моря в доломитизированных известняках Турона и метаморфизированных породах Сенон-Маастрихтского возраста [17], и позже - в Плейстоценовых конгломератах морских террас в бассейне Мёртвого моря. Зоны брекчирования хорошо видны в скальных обнажениях вдоль шоссе, спускающегося от



Рис. 5. Эрозия, удаляющая мелкий материал из центра одной из взрывных камер в долине Яэлим в 200 м юго-западнее местонахождения пещеры на Рис. 3, породы те же.

города Арада к Мертвому морю, с уровня в примерно полкилометра выше уровня мирового океана. Их мощность достигает 50 м, а длина многих сотен метров. Фрагменты брекчии остроугольны, размером от менее миллиметра (“доломитовая мука”) до десят-

ков сантиметров и более, с пустотами и разделяющими породу полыми трещинами, - прямыми, зигзагообразными, искривленными, концентрическими и радиальными, местами заполненными кальцитом и окислами железа (Рис. 6). Во многих точках наблюда-



Рис. 6. В 300 м к западу от местоположения пещеры на Рис. 4. Тот же массивный эпигенетический доломит, что и на Рис. 4 и 5, брекчированный мелким наложенными гидротермально-термобарическими взрывами. Остроугольные фрагменты брекчии размером от менее 1 мм (“доломитовая мука”) до десятков сантиметров, кое-где сцементированные известняковой корочкой (“*nağı*”), кальцитом и доломитом. В центре – молоток для масштаба.

мальными взрывами мелкого материала. Иногда такие пещерки окружены концентрическими трещинами, признаков карстовых процессов в них не обнаружено (Рис. 4, 5). В ряде случаев дополнительная раздробленность присутствует на направленных в сторону открытых взрывных трещин сторонах обломков пород (Рис. 7). В метаморфических породах Хатрурим полые трещины, или “паровые подушки”, хорошо обнажены в придорожных выемках восточнее Арада, в районе Хатрурим. Эти трещины суб-горизонтальны или суб-параллельны поверхности рельефа над ними (Рис. 8).

лись сферические или эллипсоидные компоновки фрагментов по размеру напоминающие цветок с лепестками и похожие на отпечатки локальных взрывов: от пыли и песчинок в центре постепенно увеличивающиеся в размерах до десятка сантиметров в поперечнике у периферии. Там же, на крутых склонах долины р. Яэлим, хорошо видны многочисленные пещеры, образовавшиеся в доломитизированных породах Верхнего Сеномана – Турона в результате выноса эрозией раздробленного гидротер-



Рис. 7. Ещё 0.5 км к западу от местоположения Рис. 5, те же доломиты дополнительно измельчены со стороны более позднего взрыва в крупной трещине, секущей породу на снимке по диагонали; внизу ч/б фото одного из фрагментов взятого из этой трещины (стрелка); в нём видно развитие секущей его горизонтально трещины слева (из центра взрыва) направо. Ч/б снимок сделал М. Дворачеком (GSI).



Рис. 8. Несистематические суб-горизонтальные полые трещины (“паровые подушки”) в спурритовых метаморфитах Пестроцветной Зоны и брекчированные породы над ними, разбитые гидротермальными взрывами; обнажение в одном из карьеров района Хатрурим. Внизу – человеческая фигура для масштаба.

В районе города Арада железисто-галитные минерализации, цементирующие эти брекчии (Поздний Плиоцен – Голоцен) близки по возрасту к находящимся поблизости галит-содержащим минерализациям редких и благородных элементов [7, 18]. По облику эти брекчии очень похожи на брекчии спорного происхождения, характерные для гидротермальных месторождений и месторождений барита-цинка-свинца типа “Миссисиппи вали” [19]. Сравнение микрофотографий доломитизированных фрагментов брекчии, образовавшейся в результате гидротермальных взрывов и техногенных взрывов в тех же породах, показало наличие в них схожей очень интенсивной микротрещиноватости, не наблюдаемой в тех же доломитах при нормальном спокойном их залегании (Рис. 9). На темно-серой поверхностной пленке, покрывающей трещиноватые и брекчированные доломиты и кремни из пяти районов близ Арада, Неве Зохар и около Эн Бокек были обнаружены микронного размера частички сажи (Рис. 10, 11).

Гипотеза гидротермального метаморфизма, поясняющая образование гидротермально – пиро-метаморфического комплекса пород Хатрурим [12], включала выброс горючих газов и перегретых до 120-150⁰С [20] флюидов, выталкиваемых землетрясением с глубины в 5-6 км наверх, в зону атмосферного давления. Там они мгновенно, со взрывом, превращались в пар с увеличением объема в 1700 раз. Взрывы генерировали трещины, брекчию и электрические искры, поджигающие выброшенные горючие газы. Горячие растворы производили пиролиз битуминозных сланцев, подогретые горючие продукты пиролиза поднимались по трещинам к зоне окисления; дополнительное возгорание способствовало образованию средне- и высокотемпературных метаморфитов. Похожие процессы (“фрекинг”) используются в газо-нефтедобывающей промышленно-

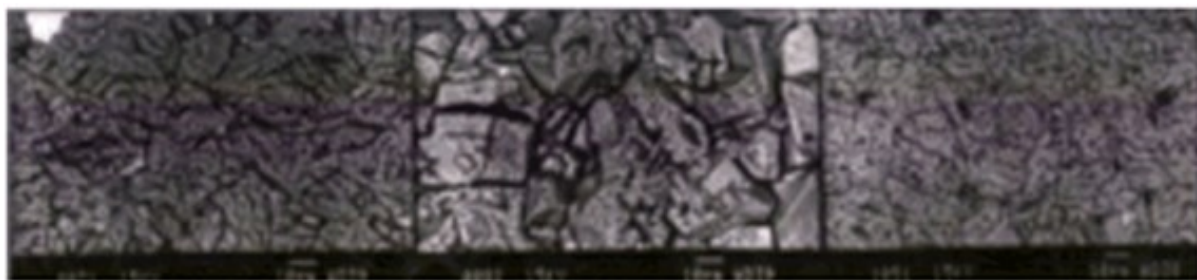


Рис. 9. SEM-микрофотография с бэкскатером, на которой видны микротрещины в кусках брекчии эпигенетического доломита, отобранных из (слева направо): (а) центра техногенного взрыва при прокладке шоссе возле местоположения Рис. 3; (в) центральной измельчённой части “цветковой структуры” гидротермального взрыва (рядом с объектом Рис. 5) там же, из того же доломита, но не-тронутого никакими взрывами. Все SEM-микрофотографии и графики сделаны М. Дворачеком (GSI).

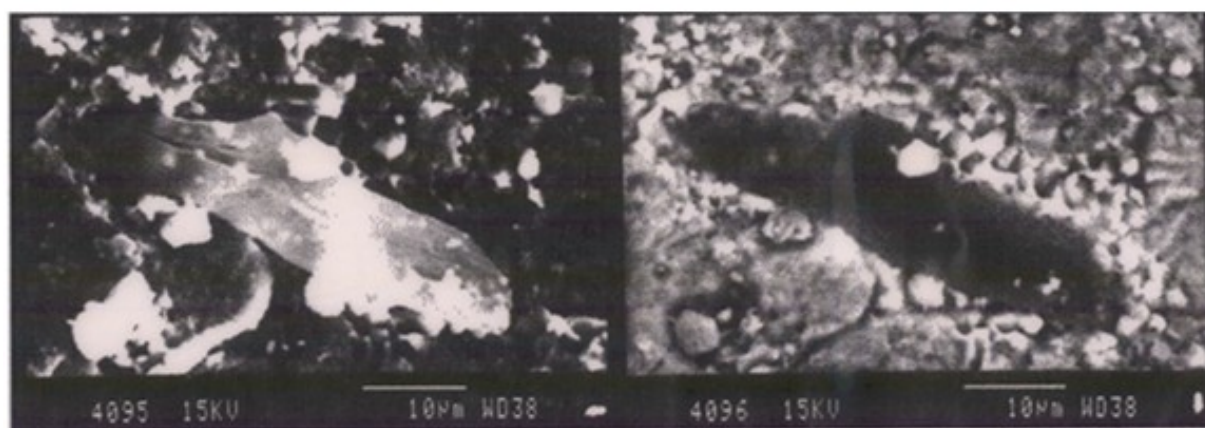


Рис. 10. SEM-микрофотография частицы сажи из тёмно-коричневого налёта на куске брекчии кремня из очага гидротермального взрыва в 0.5км. юго-восточнее Арада: (4095) SEI, (4096) backscatter.

сти - гидравлическое дробление с подогревом горючих сланцев для получения керогена и горючего газа (см. Википедия). Резкое снижение давления происходит, когда землетрясение открывает трещины или когда жидкости под сверхвысоким давлением пробиваются вверх. Доказательством такого быстрого процесса являются, например, находки аномально-высоких содержаний тория (до 0.06%, [7]) в выделениях асфальта и в соляно-гипсовой корке под высачиваниями рассолов в районе Эн-Бокек (Рис. 1), на кровле карбонатной пачки мощностью в 2-3 км: соединения тория растворимы только в очень кислых растворах, которые быстро нейтрализуются в карбонатных породах. Одним из доказательств гидротермальных взрывов является присутствие микронных частиц Au (Ag, Cu) в коричневом налёте на кремнях Кампана чуть восточнее Арада (Рис. 12): золото было обнаружено только в налёте и отсутствовало в самом кремне. Это явление объясняется мгновенным испарением капелек гидротермального рассола при взрыве на поверхности породы, а минерализация по составу родственна найденной прежде в подошве Кампана в районе Арада минерализации Au-U [7, 18].

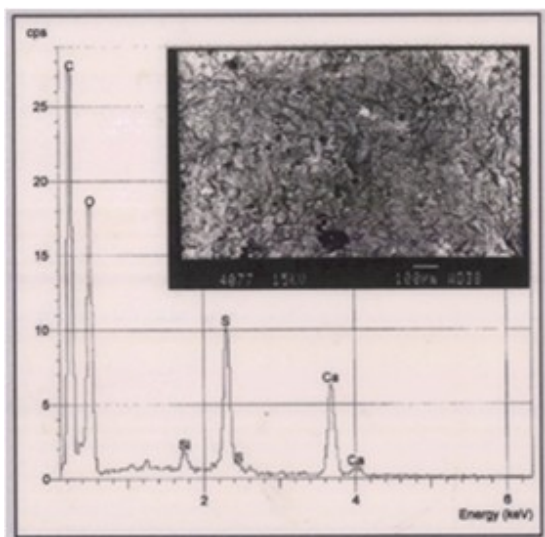


Рис. 11. SEM-микрофотография с бэкскатером на фоне SEM-EDS-графика частички сажи из тёмного налёта на доломитовой брекчии (Турон) из очага гидротермального взрыва к северу от Ен-Бокек ок. коорд. 1838/0708, в 20 м. выше полотна шоссейной дороги.

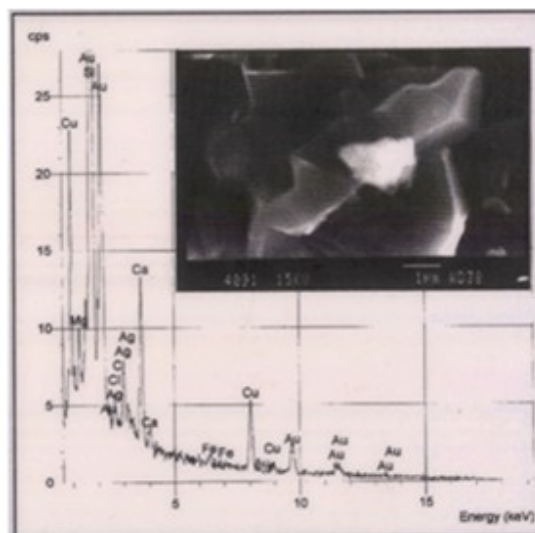


Рис. 12. SEM-микрофотография частицы золота с примесью серебра и меди из коричневого налёта на кремне из той же точки, где был взят образец с Рис. 9; сделана на фоне SEM-EDS-графика.

Взрывы вызывают мгновенные смены давлений — от очень высоких до атмосферного. При низком давлении сильно понижается температура самовозгорания летучих углеводородов и сероводорода, для вспышки достаточно одной искры, а ионизированный пар служит хорошим окислителем. Среди источников электричества можно назвать, например, пьезоэлектричество, и гораздо более мощное трибоэлектричество, возникающее при взаимодействии вырывающегося с большой скоростью мокрого влажного пара с твердой породой. Этот электрический феномен вызывает образование капель жидкости с начальным потенциалом в 25-50 мв; испарение и уменьшение капель ведет к росту потенциала до 1000 в [21]. В Хатрурим и похожих ему районах породы, через которые поднимаются углеводороды, могут служить своеобразной хроматографической колонной. Алюмо-силификация, перераспределение элементов, перекристаллизация пород и обогащение гидротермально-метасоматическими минерализациями происходило, по-видимому, в течение всего процесса метаморфизма; процесс передвигался из одной точки в другую [14].

Содом и Гоморра: землетрясение, производящее пламя.

Выделения газов грязевых вулканов нередко самовозгораются, и горение их нередко продолжается в течение многих лет; это происходит и в наше время в Персии и в Азербайджане (Рис. 13). Сероводородные источники (“пахнущие серой”) в южном бассейне Мёртвого моря многочисленны, и их запах резко усиливается во время и после землетрясения. Бентор напоминает, что: “до Лавуазье газы не считались веществом. Сера не пахнет, но пахнет сероводород, и даже в наши дни его запах называют иногда “запахом серы”. Огонь, происходящий как бы из ничего, казался неестественным; та-

ким образом, он превратился в важный аспект шумерианской религии... и стал вдохновляющей инспирацией для Зо-роастризма и культа огня в Персии” [4]. Естественные выделения и потоки газа из грязевых вулканов района Хатрурим самовозгорались, нагревая вмещающие породы иногда до температуры



Рис. 13. Янар Даг (Огненная гора) неподалёку от Баку, Азербайджан; горение природного газа и пламя на мергелях продолжается там по не менее 70 лет. Фотография сделана Е. Вапником.

плавления и производя языки паралавы [15], а иногда горя спокойно в течение многих лет. Если гуманоиды, жившие около горящих грязевых вулканов в районе Хатрурим, всего в нескольких километрах от г. Содом, те самые, которые смастерили огромное количество ларнитовых каменных орудий в течение долгого времени начиная с Раннего Палеолита [16], приносили к огню сухое дерево, - оно вспыхивало и с удобством использовалось для жарки мяса или для охраны входа в пещерное жилище от хищников. Вполне возможно, что район Хатрурим и окрестности спокойно горящих грязевых вулканов в похожих на него районах и были местами, где гуманоиды научились пользоваться огнём.

Позднейший этап термобарической-гидротермальной минерализации, сопровождавшейся взрывами и горением гидроуглеродов и сероводорода, цементировал Поздне-четвертичные аллювиальные отложения под городом Арад, на высоте 500 м над уровнем Средиземного моря [18]. Горение углеводородов оставило в налёте на породах частички сажи (Рис. 10, 11). Район Арада богат углеводородами. Нефть и признаки тяжёлых нефтепродуктов были найдены в большинстве разведочных скважин западнее Мёртвого моря, включая район Хатрурим. Выделения асфальта хорошо заметны в трещиноватых Верхнемеловых породах и цементируют современный русловой аллювиум в ряде мест южнее, западнее и севернее г. Содом (“В долине же Сиддим было много смоляных ям”, Бытие 14:10): Мёртвое море во времена Рима носило название Асфальтовое озеро. Небольшое месторождение газа в нескольких километрах к западу и северо-западу от района Хатрурим эксплуатировалось в течение ряда лет; выброс газа возле

г. Содом зарегистрирован в [22]. Как мы уже отметили выше, южный бассейн Мёртвого моря находится в раздробленной центральной зоне Трансформы Мёртвого моря, на продолжении Великого Восточноафриканского Рифта. Он перекрыт глинами, которые поддаются ликвифакции и при землетрясении разжижаются. Жидкие глины не являются барьером огненосному потоку газа-пара-жидкости с частицами пород, который разбрызгивается взрывами. Статическое электричество, возникающее вследствие трения, пьезоэлектричество и, наконец, простое искрение при соударении летящих частиц или осколков такой смеси, пьезоэлектрический и трибоэлектрический феномен и искрение в результате дробления и столкновений частиц пород являются естественными причинами множественных самовозгораний, создавая эффект похожий на взрыв “вакуумной бомбы”.

Местная геология и библейский текст показывают, что вулканизм не был источником огня Содома и Гоморры, но огонь, тем не менее, был. Знаменитый греко-римский географ Страбо посетил Мёртвое море где-то между 20 г. до н.э. и 15 г.н.э. и записал в своей Географии [23]: “Есть много доказательств того, что эта местность подвергается пожарам. Около Моасада [Масады] острые скалы со следами огня, трещины во многих местах, почва, похожая на пепел; асфальт, капающий с камней; вскипающие речки, испускающие зловонный запах на огромные расстояния; везде обрушенные строения; поэтому мы склонны поверить рассказам местных уроженцев о том, что тут были тринадцать городов, что столицей был Содом, и что только те, кто находился за пределами окружности в 60 стадий вокруг него спаслись неизувеченными; шок землетрясений, извержения огня и горячих источников, содержащих асфальт и серу, заставили озеро выйти из берегов, и скалы загорелись; некоторые города были проглочены, другие были оставлены теми жителями, которые смогли спастись.” (Перевод с английского А. Гилата). Страбо отметил, что: “Этот феномен обычно проявляется в середине озера, потому, что источник огня находится в центре, и большая часть асфальта тоже появляется оттуда. Но всплывание асфальта происходит нерегулярно, поскольку появления огня, так же как и многих испарений, не происходят в каком-либо порядке, доступном наблюдателю” [23]. Похожие явления наблюдаются в настоящее время: грязевой вулкан обычно просыпается с землетрясением, и если он выбрасывает очень большой поток горячего газа, то газ загорается высоко над земной поверхностью на контакте с кислородом воздуха; только позже, когда поток слабеет, пламя (“огонь от Господа с неба”?) спускается вниз на скалы [например, 24]. Таким образом, сильное землетрясение и взрывы перегретых жидкостей в потоке горячих газов хорошо соответствуют описанию в Бытии 19:24-28. Согласно Ниву и Эмери [22], это событие произошло около 4350 г.т.н.

5. Дискуссия и рекомендации

Может ли катастрофа, подобная Содомской, произойти в наше время? Да, может, в сейсмически активном районе, богатом лёгкими углеводородами и сероводородом, особенно в районах грязевого вулканизма и сдвиговых разломов. Геологам хорошо известно, что сегменты разломов часто замаскированы рыхлыми осадками или руслами рек, текущих над ними. Но – реки как раз и привлекают инженеров, ищущих источник

воды для охлаждающих систем, к примеру, атомных электростанций (АЭС); поэтому многие АЭС были построены вблизи активных разломов. Например, в бывшем СССР некоторые АЭС были построены прямо на активных разломах, а около 25 АЭС на расстоянии менее 5 км от них (Рис. 14). Известно, что сквозь активные разломы выделяется гелий, и лучший способ их обнаружения – картирование интенсивности выделения гелия [25]. В начале 1990-х одним из результатов такого картирования было закрытие Крымской АЭС, построенной на Крымском полуострове на активном Южно-Азовском разломе, в зоне грязевого вулканизма. Эта АЭС была закрыта после народного протеста, инициированного геологами [24, стр. 159-160].

Мы подчеркиваем здесь роль крупных сдвиговых разломов потому, что они отличаются от других типов разломов своей уникальной связью с мантией, характерной для них интенсивностью глыбового расчленения и хорошо развитой системой вторичных “ветвящихся” параллельных сдвиговых разломов. Землетрясения, связанные с крупными глубинными сдвигами, создают хороший путепровод, от которого зависит вероятность возбуждения и высокоскоростной стабильности поднимающихся глубинных потоков, поскольку хорошо известный эффект пульсации паро-водной смеси между каналами обеспечивает активную динамику в течение сравнительно длительного промежутка времени. Зоны различной проводимости в этих каналах и соответствующие им изменения скорости движения потоков вызывают кавитацию и звуковые волны высокой и низкой частоты, интерференция которых тоже способна производить трещины и брекчию различного порядка (взрывоопасные свойства водных растворов в вулканических и гидротермальных системах описаны в [26]). Активное развитие термобарических явлений (объемные взрывы, локальные воспламенения, ударные волны в воздухе и на поверхности земли и воды) может создать, в свою очередь, неустойчивое гетерогенное поле давлений и шоковых ударных волн на границах фаз на большой глубине, генерируя и локальные понижения давлений. Понижения давлений могут возбуждать серии экзотермических реакций распада соединений гелия, стабильных только при высоких температурах и давлениях (He-H, He-Si, He-O, He-металлы и т.д.); при этом высвобождаются огромные количества энергии, способные произвести дополнительное землетрясение (“афтершок”) [2, 3]. Мы хотим напомнить, что активность любых вулканов, в том числе грязевых вулканов, повсюду начинается с землетрясений.

Принятые в настоящее время гипотезы землетрясений не учитывают мощнейший источник внутренней энергии Земли, сопровождающий дегазацию мантийного водорода и гелия, который хорошо объясняет её главные эндогенные процессы [2, 3]. В противоположность гипотезе, согласно которой “каждое маленькое землетрясение... может скачками превратиться в разрушительное” [27], мы полагаем, что чудовищная энергия должна быть сконцентрирована перед землетрясением в каком-то месте, в какой-то форме, в какой-то среде и каким-то триггером взорвана серией кумулятивных взрывов, производящих катастрофу, похожую на описанную в Библии или в судовом журнале корабля Бигл капитаном королевского флота Фитц Роем [1]. Главным является вопрос: каким образом эти источники энергии планетарного масштаба проявляют себя перед

катаклизмом. Лучшее понимание этих процессов поможет в поисках кратковременных предвестников землетрясений, и только тогда информированное население сможет вовремя эвакуироваться.

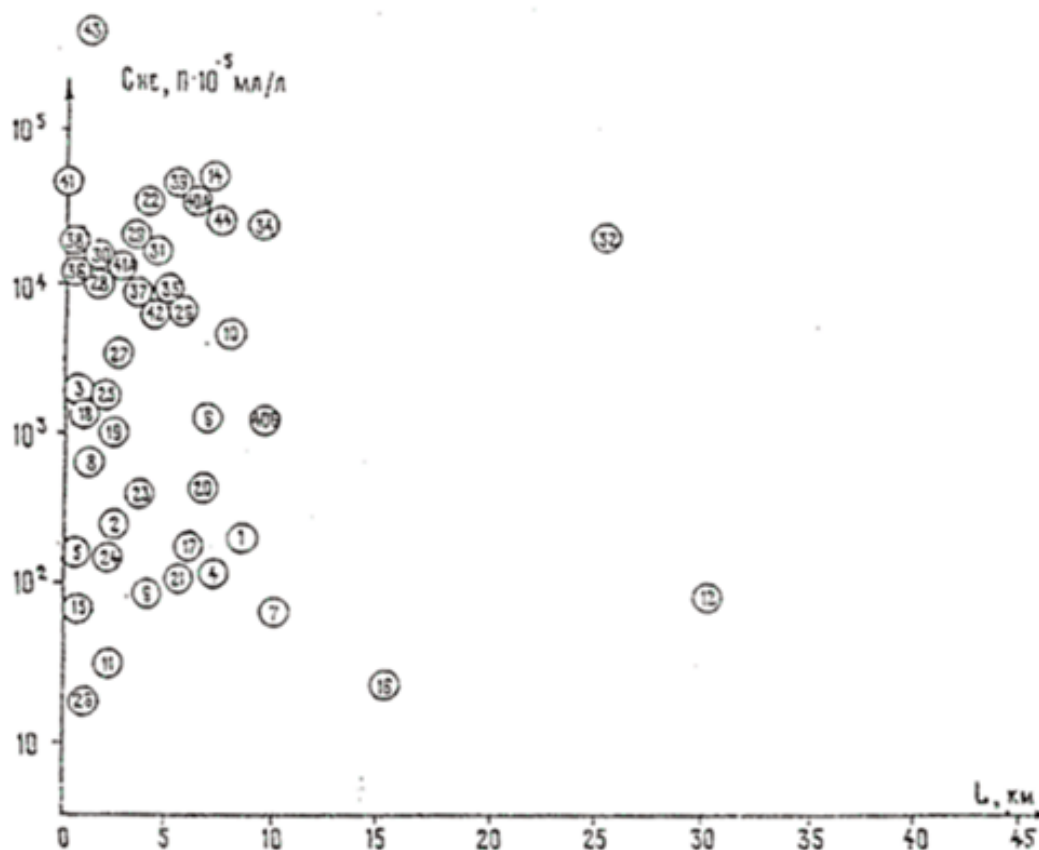


Fig.14

Рис. 14. Положение промплощадок действующих, строящихся и демонтированных объектов атомной энергетики [АЭС б. СССР] в координатах “расстояние до [активного] разлома” – “интенсивность поля гелия”. 1 – Армянская АЭС, 2 – Азербайджанская, 3 – Южно-Украинская, 4 – Харьковская, 5 – Запорожская, 6 – Beloyarskaya, 7 – Южно-Уральская, 8 – Костромская, 9 – Калининская, 10 – Одесская, 11 – Игналинская, 12 – Витебская, 13 – Чигиринская, 14 – Воронежская, 15 – Волгодонская, 16 – Минская, 17 – Белорусская, 18 – Молдавская, 19 – Татарская, 20 – Башкирская, 21 – Куйбышевская, 22 – Кольская, 23 – Архангельская, 24 – Чернобыльская, 25 – Григоринопольская, 26 – Хмельницкая, 27 – Ровенская, 28 – Ростовская, 29 – Брянская, 30 – Ново-Воронежская, 31 – Курская, 32 – Смоленская, 33 – Волгоградская, 34 – Пермская, 35 – Ульяновская, 36 – Чувашская, 37 – Седовская, 38 – Приморская, 39 – Ярославская, 40А – Дмитровская, 40В – Ногинская, 41А – Повилостская, 41В – Лиепайская, 42 – Краснодарская, 43 – Грузинская, 44 – Балаковская, 45 – Крымская (на оригинальном графике не показана); (рисунок из [25, рис. 25]).

Представленная здесь статья заметно улучшилась благодаря полезным замечаниям Акад. РАЕН Проф. Л.В. Разина, МГУ, и Проф. С. Х. Мавродиева, НИИ Ядерных Исследований и Ядерной Энергии Болгарской Академии Наук. Особая благодарность Д-ру Е. Вапнику, Университет им. Бен-Гуриона, Беер-Шева, Израиль, за кропотливое чтение текста статьи и множество полезных замечаний, и нашему милому редактору англоязычного текста Беви Кац.

Список литературы

- [1] Roy F (1839) Narrative of the surveying voyages of his majesty ships Adventure and Beagle, between the years 1826 and 1836, describing their examination of the southern shores of South America and the Beagle's circumnavigation of the Globe. Vol. II. Henry Colburn, London, Great Marlborough St.
- [2] Gilat, A. and Vol., A., 2005. Primordial hydrogen-helium degassing, an overlooked major energy source for internal terrestrial processes. HAIT Journal of Science and Engineering B, Vol. 2, Issues 1-2, pp. 125-167 <http://www.magniel.com/jse/B/vol0201B/p125.html>
- [3] Gilat A, Vol A (2012) Degassing of primordial hydrogen and helium as the major energy source for internal terrestrial processes. Geoscience Frontiers 3: 911-921.
- [4] Bentor YK (1989) Geological events in the Bible. Terra Nova 1: 326-338.
- [5] Hall JK, Krashennnikov VA, Hirsch F, Benjamini Ch, Flexer A (eds.) (2005) Geological framework of the Levant, Volume II: The Levantine Basin and Israel. Historical Productions, Hall, Jerusalem.
- [6] Quennel AM (1959) Tectonics of the Dead Sea Rift. Proceedings 20-th International Geological Congress.
- [7] Gilat A (1992) Tectonics and associated mineralization activity, Southern Judea, Israel. Ph.D. Dissertation, Ben Gurion University of the Negev. Beer-Sheva.
- [8] Bosch A, Bayer R, Schlosser P, Sano Y, Wakita H, Mazor E (1989) Mantle helium flow detected in oil and gas reservoirs of Israel. Israel Geological Society Annual Meeting, 1989, p. 22-24.
- [9] Gross S (1977) Mineralogy of the Hatrurim Formation, Israel. Geological Survey of Israel

[10] Bendor YK, Gross S, Kolodny Y (1972) New evidence on the origin of the high temperature mineral assemblage of the "Mottled Zone" (Israel). Proceedings 24th International Geological Congress.

[11] Geller YI, Burg A, Halicz L, Kolodny Y (2012) System closure during the combustion metamorphic "Mottled Zone" event, Israel, *Chem Geol* 334: 25-36.

[12] Burg A (1990) Geology of the Hatrurim Formation. MSc Thesis, Hebrew University of Jerusalem Jerusalem (in Hebrew).

[13] Gur D, Steinitz G, Kolodny Y, Starinsky A, McWilliams M (1995) $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of combustion metamorphism (Mottled Zone, Israel). *Chem. Geol.* 122:171-184.

[14] Gilat A (1998) Hydrothermal activity and hydro-explosions as a cause of natural combustion and pyrolysis of bituminous rocks: the case of Pliocene metamorphism in Israel (Hatrurim Formation). *Israel Geological Survey Current Research*, 11, 96-102.

[15] Sokol E, Novikov I, Zateeva S, Vapnik Ye, Shagam R, et al. (2010) Combustion metamorphism in the Nabi Musa dome: new implications for a mud volcano origin of the Mottled Zone, Dead Sea area, *Basin Research* (2010) 22, 414-438.

[16] Vapnik Y, Galuskina I, Palchik V, Sokol EV (2014) Stone-tool workshops of the Hatrurim Basin, Israel. In: Stracher GB, Prakash A, Sokol EV (eds.) *Coal and Peat Fires: A Global Perspective*. Elsevier 3:281-316.

[17] Gilat, A. and Dvorachek, M. (1998) Hydrothermal-explosion produced breccia: an indicator for possible epithermal gold deposits in Israel. Proceedings XIV Conference of the Israel Mineral Science and Engineering Association, Beer-Sheva, E27-E36.

[18] Gilat A (1987) Gold-uranium bearing mineralization related to halite in Ro'gem Valley, Arad area, Israel. *Israel Geol Survey Report GSI/3/87*.

[19] Ohle EL (1985) Breccias in Mississippi valley-type deposits. *Econ Geol* 80, 1736-1752.

[20] Gilat A, Lang B (1985) Fluid inclusions in barite mega-crystals from Nahal Boqeq (Southern Judean Desert). *Israel Geological Society Annual Meeting*, p. 29.

[21] Vol AA, Dombrovsky VV, Safonov LP, Hutorezky GM (1990) Effect of electric phenomena in heating mechanical parts on reliability of petrol and nuclear power plants, *Power Machinery*, Moscow (in Russian).

[22] Neev D, Emery KO (1995) *The Destruction of Sodom, Gomorrah, and Jericho, geological, climatological and archeological background*, Oxford University Press.

[23] <http://rbedrosian.com/Classic/strabo16d.htm>

[24] Шнюков ЕФ, Шереметьев ВМ, Маслаков НА, Кутний ВА, Гусаков ИН, Трофимов ВВ (2005) *Грязевые вулканы Керченско-Таманского региона*. Краснодар: ГлавМедиа.

[25] Башорин ВН, Владимиров МС, Галинский АМ, Коробейник В, Пронин АП, и др. (1991) Методические рекомендации по применению гелиеметрических исследований масштаба 1:200.000 и крупнее для выбора промплощадок под ответственные инженерные сооружения. Москва, МинГео, ВИМС.

[26] Thiery R, Mercury L (2009) Explosive properties of water in volcanic and hydrothermal systems. *Journal of Geophysical Research Solid Earth* 114: 1-19.

[27] Geller RJ, Jackson DD, Kagan YY, Mulargia F (1997) Earthquakes cannot be predicted. *Science* 275: 1616-1617.