

УДК 550.8: 551.21.5

*А. Д. Жигалин, Е. В. Архипова, М. А. Харьковина*

## **Подводный вулканизм как одна из причин циклонической активности центральной части Тихого океана**

*Катастрофические атмосферные явления, такие как штормы, ураганы и тайфуны, ежегодно уносят тысячи человеческих жизней в регионах Земли, подверженных подобным бедствиям. В статье выполнен комплексный анализ возможных причин и энергетических источников, способных породить циклоны в центральной части Тихого океана со скоростью ветра более 20 м/с. Отмечено, что в соответствии с устоявшимися представлениями, атмосферные процессы связывают исключительно с поступлением солнечной энергии. Вместе с тем, в пределах наиболее прогретого Солнцем экваториального пояса существуют определенные зоны, ответственные за генерацию абсолютного большинства ураганов с энергией, достигающей величины  $10^{17} - 10^{19}$  Дж в день. Для таких зон характерен аномально высокий эндогенный тепловой поток, активная сейсмичность и высокое число вулканических извержений. Высказано предположение, что возникновение катастрофических явлений в атмосфере является результатом суперпозиции внешнего влияния Солнца и эндогенной активности Земли.*

*Ключевые слова: ураганы, тайфуны, циклоны, подводный вулканизм, Тихоокеанский пояс, эндогенная активность Земли.*

### **Об авторах**

**Жигалин Александр Дмитриевич** – кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории разработки методов прогноза землетрясений ИФЗ РАН им. О.Ю. Шмидта, ведущий научный сотрудник кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. *E-mail: zhigalin.alek@yandex.ru*. Россия, 123995, Москва, ул. Большая Грузинская, 10, строение 1, комн. 123.

**Архипова Елена Витальевна** – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры экологии и наук о Земле, доцент кафедры общей и прикладной геофизики факультета естественных и инженерных наук государственного университета «Дубна». *E-mail: olenageo@mail.ru*.

**Харькина Марина Анатольевна** – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры инженерной и экологической геологии, старший научный сотрудник лаборатории экологической геологии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. *E-mail: kharkina@mail.ru*.

Наличие двух природных источников тепловой энергии – внутреннего ядра и энергии Солнца – являются гарантиями длительного существования Земли в Солнечной системе и определяют протекание всех процессов, которые мы наблюдаем как на поверхности планеты, так и в ее недрах. С точки зрения классической физики наша планета представляет собой гигантскую тепловую машину, «движущимися элементами» которой являются близкие к поверхности горные породы и вещество глубинных ее сфер. Земля обладает немалой тепловой энергией, которая поступает в космическое пространство через ее поверхность и рассеивается. Разумеется, поток этой энергии меньше, чем поток солнечной энергии, который достигает нашей планеты и нагревает ее по-

верхность, воду океана и атмосферу. Глубины Земли находятся в непрерывном движении, которое перманентно проявляется на поверхности в виде вулканизма, землетрясений и других природных событий, являющихся отзвуком постоянно протекающих эндогенных процессов. Многие из этих процессов являются экзотермическими, протекают с выделением тепловой энергии. По подсчетам специалистов, недра дают столько тепла в год, сколько могли бы дать за этот период три миллиона тонн каменного угля.

Природные события, происходящие на поверхности планеты и в примыкающей к этой поверхности воздушной сфере, хотя и привлекают к себе всё больше внимания, однако не всегда рассматриваются с позиций глобального единства геологического движения материи. Так, например, в возрастании циклонической активности Мирового океана в различных его регионах (кстати, относитель-

но хорошо изученных) – Атлантическом, Тихом и Индийском океанах – «обвиняют», исключительно, Солнце, его переменчивый характер. В конечном итоге, причиной увеличения числа разрушительных циклонов, цунами, ливневых дождей с последующими наводнениями считается гидрометеорологическая неустойчивость отдельных участков мировой гидросферы (которая, как известно, занимает почти 3/4 поверхности планеты), вызываемая неравномерностью прогрева ее поверхности, приходящим от Солнца количественно дозированным теплом. Почему же вдруг, если Атлантический океан, протянувшийся почти от северного полюса до южного, или занимающие почти 2/3 Мирового океана Тихий и Индийский океаны равномерно получают каждый своё ежедневное, ежесезонное и ежегодное количество солнечного тепла, очаги циклонической активности сосредоточены строго в определенных местах этих водных бассейнов? И почему океанические течения, которые по мнению (авторитетному и уважаемому) метеорологов и океанологов, «контролирующих» погоду, регулируют распределение тепла по планете, «гоняя» воду либо строго в меридиональном направлении, как это происходит в Атлантическом океане, либо по кругу, как это наблюдается в Индийском и Тихом океанах? При этом весьма редко наблюдаются сильные всплески циклонической активности в Индийском океане и в северных и южных областях Тихого и Атлантического океанов, тогда как центральные и экваториальные области этих океанов постоянно подвергаются разрушительным и опустошительным стихийным бедствиям.

Мировой океан является накопителем тепловой энергии. Этот постулат никто не оспаривает. Но почему-то при этом не принимается во внимание, что, во-первых, первый метр толщи океанической воды поглощает от 60 до 90% поступающей в океан радиации, и ниже глубины 50 м проникает всего 0,05% излучения. Во-вторых, солнечный прогрев воды Мирового океана захватывает её толщу до глубины не более 200–500 м, что происходит только благодаря перемешиванию воды, поскольку солнечного тепла хватает, как упоминалось выше, на нагревание всего нескольких метров воды от поверхности. Дальше наблюдается постепенной снижение температуры воды с глубиной, сначала скачкообразно, а затем плавно. Таким образом, ни о каком бы то ни было полном перемешивании вод океанов говорить не приходится. Хорошо перемешанным можно считать только верх-

ний слой воды в океане до глубины ~ 10–100 м. На глубине, большей 500 м, вода имеет одинаковую температуру как в высоких и средних широтах, так и в тропическом поясе. На глубине вода почти однородна по температуре, т.к. глубины океанов в основном заполнены водами одного и того же происхождения, формирующимися в полярных областях Земли [4]. Из любого курса географии, начиная со школьного, известно, что теплая вода от экватора течет в сторону полюсов, там охлаждается и, опустившись «этажом ниже», течёт, уже холодная, обратно к экватору. На глубине более 3–4 тысяч метров температура воды обычно колеблется от +2 до 0 °С. Если говорить о температуре приповерхностной толщи воды, то самая высокая средняя температура у поверхности воды в Тихом океане равна 19,4 °С. Второе место (17,3 °С) занимает Индийский океан. На третьем месте – Атлантический океан, имеющий среднюю температуру около 16,5 °С. Для всего Мирового океана средняя температура поверхностных вод составляет около 17,5 °С. Итак, для областей Мирового океана, в пределах которых наблюдается наибольшая циклоническая активность, отличие температуры от «средней океанической» составляет не более двух градусов. Ширина «теплого» экваториального пояса составляет примерно 40–50 градусов, 10–15 градусов к югу и 20–35 градусов к северу от экватора. Именно в этом широтном интервале, а точнее в полосе 5–30 градусов СШ и 140 и 150 градусов ВД, формируются в большинстве своём тропические циклоны (в Тихом океане их называют тайфунами), приходящие к западным берегам Тихого океана, захватывая юго-восток Китая, Корейский полуостров, Японию и наши дальневосточные земли вплоть до Камчатки (рис. 1).

Возникает вопрос, достаточно ли тепла нагретой Солнцем столь незначительной толщи океанической воды в этой зоне океана, чтобы «закрутить» тайфун средней силы с разрушительной энергией, достигающей величины  $10^{17}$ – $10^{19}$  Дж в день? Исчерпывающего ответа на этот вопрос, по крайней мере, в доступной (открытой) информации нет. Возможно, такую информацию можно получить у военных метеорологов и специалистов, причастных к исследованиям по созданию погодного оружия. Во всяком случае, стоит внимательно посмотреть, нет ли иных, кроме приходящей солнечной энергии, источников тепла, необходимого для инициирования циклонической активности.

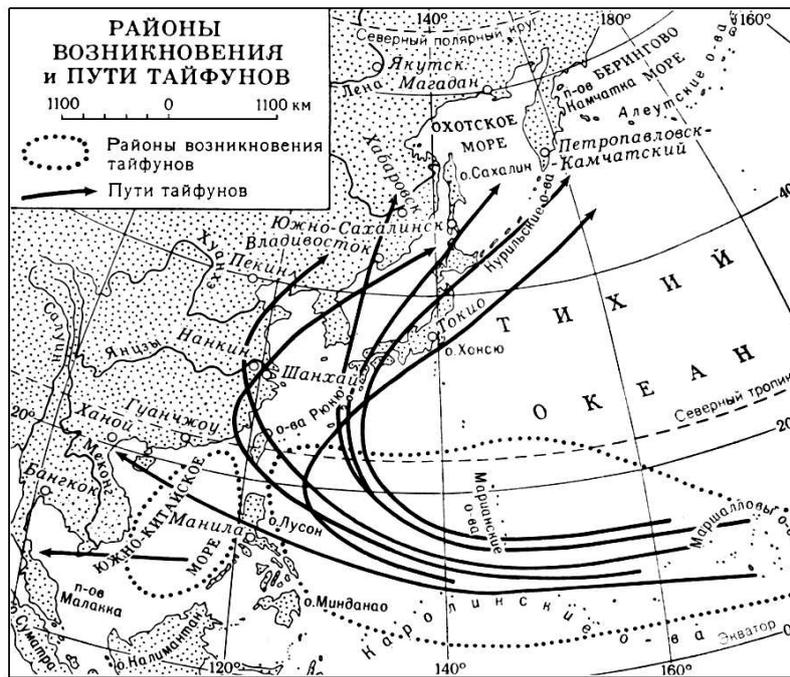


Рис. 1. Тайфуны центральной части Тихого океана [6]

Пока же климатологами при расчете теплового баланса Земли учитывается только один источник тепла, получаемого планетой: энергия Солнца. Однако есть еще один источник – эндогенная энергия самой планеты. К сожалению, ее роль в тепловом балансе Земли и в климатологии не учитывается. В основе метеорологических построений лежит уравнение теплового баланса, предложенное в свое время М.И. Будыко, которое уравнивает тепло, приходящее от Солнца и возвращаемое Землей обратно в космическое пространство (рис. 2). Следует упомянуть, что вариант оценки теплового баланса, предложенный М.И. Будыко, много раз изменялся в части количественных оценок. Неизменным оставалось количественное равенство уровня солнечной радиации, приходящей к Земле, и величины излучаемой нашей планетой энергии [1]. Учитывая это и памятуя, что баланс подразумевает равновесие сравниваемых показателей (в данном случае – величин положительного и отрицательного, от Солнца и обратно в космическое пространство, радиационного излучения), мы видим, что в соответствии с прилагаемой схемой никаких излишков тепловой энергии уравнение теплового баланса не предусматривает.

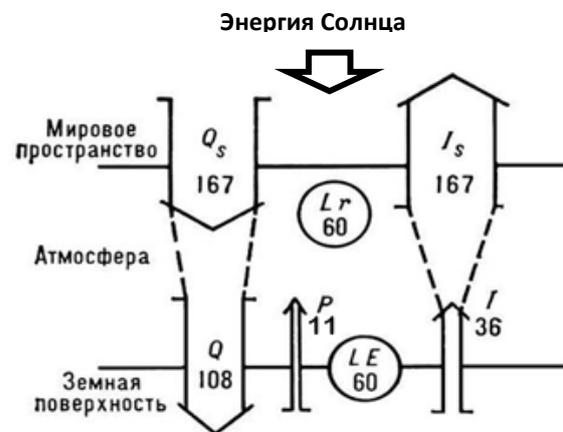


Рис. 2. Схематическое отображение уравнения теплового баланса земной поверхности:  $Q_s$  – общая поглощенная радиация;  $I_s$  – излучение в мировое пространство;  $Q$  – поглощение тепла дневной поверхностью;  $I$  – излучение земной поверхности;  $LE$  – теплота испарения воды;  $Lr$  – теплота конденсации водяного пара;  $P$  – теплота, возвращаемая в атмосферу; цифры характеризуют величину теплового потока в ккал/см<sup>2</sup> в год [1]

До сей поры, а прошло уже более полувека, это уравнение считается классикой и по-прежнему в ходу у метеорологов. Возможно, при расчетах движения тепловой энергии в атмосфере и в самых верхних слоях гидросферы это уравнение позволяет «сводить концы с концами». Но для того, чтобы «раска-

чать» (или, точнее, закрутить) вихрь, сметающий все на своем пути, несущий с собой, как уже отмечалось, суточную энергию от  $10^{17}$  до  $10^{19}$  Дж при средней продолжительности существования от 6–8 до 18 суток, надо иметь дополнительный достаточно мощный источник тепловой энергии, трансформируемой в кинетическую энергию атмосферного вихря – тайфуна (в Тихом океане) или урагана (в Атлантическом океане). В научных публикациях можно встретить некоторые намёки или более основательные предположения о существовании таких источников, находящихся на дне океанов. Например, сообщается, что «подводные вулканы создают так называемые гидротермальные струи. Вода в них достигает температуры нескольких сотен градусов. Более того, если на суше ежегодно в результате 20–30 вулканических извержений на поверхность поступает в среднем до 1,5 кубических километров расплавленной магмы, то за это же время из подводных вулканов извергается 18–23 кубических километров рас-

плавленной магмы. Когда подводный вулкан извергается, магма нагревает воду в его окрестностях. Пласты теплой воды за счет конвекции поднимаются к поверхности океана, что порождает сильные ветры, могущие влиять на погоду на планете. С высокой степенью вероятности можно ожидать поступление глубинного тепла и через глубокие разломы, которые нарушают сплошность океанического дна и дают поднимающемуся тепловому потоку возможность достичь подошвы земной коры и продолжить движение вплоть до океанического дна (рис. 3а). Интерес в этом отношении представляет весьма информативная работа, которую можно найти в интернет-сети и которая по сути дела заканчивается вопросом: можно ли при расчете теплового баланса пренебрегать дополнительным тепловым потоком, создаваемым в придонной части Мирового океана извержениями подводных вулканов и поступлением тепла из центра планеты по разломам и трещинам в океаническом дне?

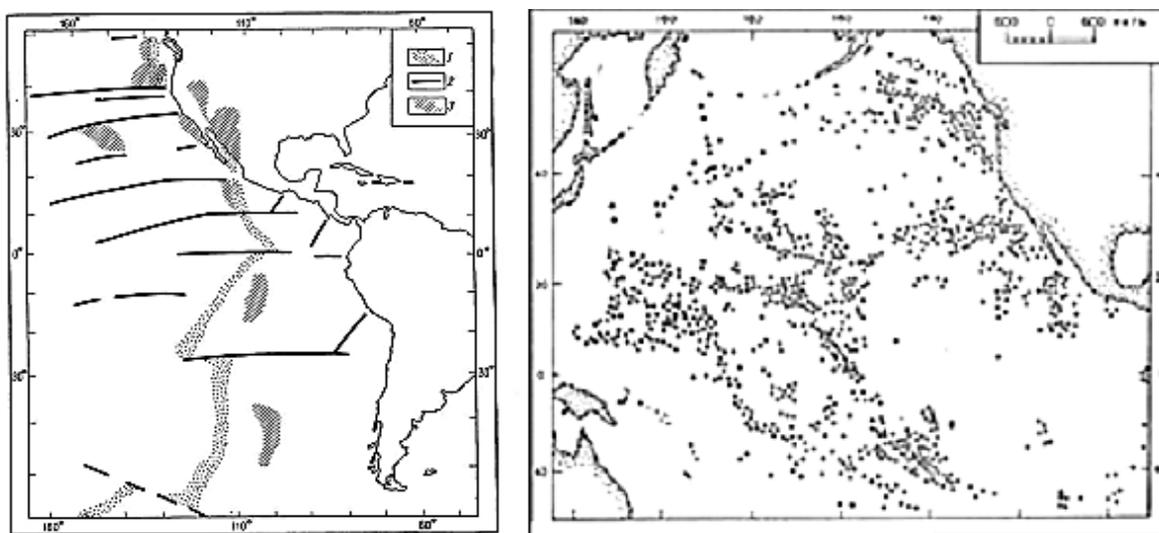


Рис. 3. Зона разломов и Восточно-Тихоокеанское поднятие (а), а также подводные вулканы в центральной части Тихого океана: 1 – Восточно-Тихоокеанское поднятие; кулисообразные разломы; 3 – хребты и депрессии; горизонтальными линиями на обоих рисунках показана линия экватора (по Галанину А.В. [2])

В статье приведены интересные и впечатляющие количественные оценки температурного режима дна Мирового океана в пределах различных его участков, характеризующихся формированием значительных аномалий теплового потока. В частности, такие аномалии наблюдаются над такими структурами,

как, например, Срединно-Атлантический хребет, где, вероятно, имеются локализованные источники тепла, находящиеся на глубинах до нескольких десятков километров под океаническим дном. Но почему-то считается, что вклад этих источников в глобальное распределение эндогенного тепла мал. В 70-х годах XX

века возле Галапагосских островов (на востоке экваториальной части Тихого океана) на глубине от 2 до 4 тысяч метров были обнаружены разломы, из которых в океан поступала горячая вода. На дне были обнаружены маленькие вулканы высотой до 40 м – гидротермы, которые из-за черного цвета воды назвали «Черными курильщиками». Позднее «Черных курильщиков» (а затем и «Белых курильщиков») стали находить в разных районах Мирового океана. Температура выходящих из них растворов достигает 350°C. Гидротермальные источники срединно-океанических хребтов на дне океанов многочисленны. Их вклад в тепловой поток, идущий из недр Земли, составляет порядка 20%. Ежегодно в океаны истекает порядка 3,5 миллиардов тонн горячей (с температурой 350 °C) воды через чёрные курильщики, и порядка 640 миллиардов тонн из низкотемпературных источников (с температурой 20 °C). Геофизики также отмечают высокую температуру, свойственную Марианским подводным вулканам. На дне морей и океанов извергаются и многочисленные настоящие, классические, вулканы, изливающие огромные количества лавы, разогретой до 1200 °C. Соприкасаясь с водой, лава отдает тепло и застывает. Нагревая воду в месте извержения, вулканы создают в океане температурные градиенты и заставляют толщи воды двигаться из мест горячих в места более холодные. Древний и современный океанический вулканизм имеет более широкое распространение, чем наземный. Только на дне Тихого океана находится около десяти тысяч вулканов высотой более одного километра. Почти все подводные горные вершины в этом океане представляют собой вулканы.

Подводные вулканы возникли давно, о чем свидетельствует то, что на их склонах, наряду с молодыми породами, имеются базальты более ранних излияний. Активизация недр планеты происходит периодически, и эти периоды тесно связаны со структурой Галактики и Солнечной системы и движениями, которые совершает Земля в космическом пространстве. Поэтому правильнее говорить не о возникновении, а о пробуждении вулканизма в современной истории океана. В последние десятилетия явно активизировалась вулканическая деятельность нашей планеты, участились также и землетрясения. Конечно, учитывать вклад действующих подводных вулканов в тепловой баланс океана просто необходимо.

Особенно, если мы предполагаем делать климатические и океанологические прогнозы [2].

Такова на сегодняшний день информация по рассматриваемому вопросу, хотя степень изученности мирового океана постоянно прирастает. Известные в настоящее время подводные вулканы, в первую очередь действующие, распределены на океаническом дне, в том числе и на дне Тихого океана, неравномерно (рис. 3б). Большая часть из них приурочена к так называемым зонам субдукции или к контактам соприкасающихся (находящихся в коллизии) литосферных плит [3]. Благодаря этому уже можно наметить некоторые возможные участки акваторий, где располагаются источники, создающие тот избыток тепловой энергии, который потенциально способен сформировать энергетический импульс для зарождения тропического циклона.

Какая же на самом деле складывается ситуация, и какой представляется возможность зарождения тропического циклона благодаря подводной вулканической активности?

Для начала следует обратить внимание на донные пространства Тихого (или Великого) океана, который занимает по площади чуть меньше половины всего Мирового океана (179 млн кв. км из 361 млн кв. км). И именно в той части океана, которая находится между экватором и 5–30 градусами СШ, в пределах «тёплого» экваториального пояса. В пределах этой части Тихого океана вблизи берегов обоих американских континентов в виде отдельных фрагментов прослеживается в меридиональном направлении от 30° СШ примерно до 60° ЮШ Восточно-Тихоокеанский хребет, от которого в западном широтном направлении отходит серия кулисообразных разломов (см. рис. 3а). Другой особенностью этой части дна Тихого океана является обилие обнаруженных подводных вулканических построек (см. рис. 3б), из которых более 5000 считаются действующими. Природа подводного вулканизма с позиций современной геологической науки объясняется поднятием горячих мантийных плюмов к подножью земной коры и внедрением в нее разогретого мантийного материала или излияния из вулканических каналов расплавленных горных пород, поднимающихся по вертикальным трещинам в океанической земной коре. Мантийные плюмы, достигающие материковой части поверхности планеты считаются ответственными за возникновение траппов, внутриконтинентальных рифтов

и горячих точек. Мантийные плюмы, «работающие» в пределах Мирового океана, приводят к формированию обширных эффузивных покровов на океаническом дне или создают высокотемпературные водные потоки, могущие при определенных условиях достигать поверхности океана или, по крайней мере, способствовать созданию на поверхности океана аномальной положительной температурной области. Таким образом, речь идет о возможном существенном притоке тепловой энергии, источником которой является горячее ядро планеты и разогретое вещество мантии.

Сопоставляя расположение Восточно-Тихоокеанского поднятия и секущих его разломов с установленными на сегодняшний день подводными вулканами, нетрудно заметить достаточно хорошую визуальную корреляцию. Во всяком случае, есть повод предположить, что подводные вулканы, тяготеющие как к западному побережью Тихого океана (юго-восточному побережью Азии и юго-западным группам островов), так и восточному побережью (западные границы Американского континента), гипотетически могут добавлять тепловую энергию к «дежурному» солнечному разогреву толщи воды в области формирования тихоокеанских экваториальных циклонов. Сейчас из-за недостатка доступной информации трудно определить, какая доля в количестве энергии, потребной для запуска тайфуна в рассматриваемой части Тихого океана, приходится на солнечную радиацию, какая на долю горячих струй, поступающих по разломам, и какая на долю разогретого до высокой температуры магматического материала донных вулканических излияний извержений. Следует больше внимания уделять подводной вулканической активности, рассматривая ее как одну из причин эпизодического усиления тропической циклонической активности.

Не исключено также то, что тайфуны, зародившиеся в пределах того участка океана, который был определен на основании долговременного мониторинга тихоокеанской циклонической активности, получает тепловую подпитку на всем своём пути в сторону западной окраины Тихого океана и затем вдоль нее вплоть до наших восточных и северо-восточных берегов – Курильских островов, п-ова Камчатки и далее к северу, поскольку его путь проходит над зоной поддвига (субдукции) Тихоокеанской плиты под Евроазиатскую (см. рис. 1). В пользу этого предположения говорит тот

факт, что, приблизившись к Юго-Западной Азии своей траекторией, тайфуны повторяют очертания так называемого Тихоокеанского огненного кольца, которые в этом месте к тому же отображают один из участков наиболее высокой сейсмической активности, определяемой коллизией Тихоокеанской и Евроазиатской плит и находящейся в данном месте зоне субдукции. Примерно такая же картина наблюдается и вблизи восточных окраин Тихого океана, хотя в целом циклоническая активность, направленная в сторону американского континента, проявляется с меньшей интенсивностью в сравнении с циклонической деятельностью на западных окраинах Тихого океана.

Следует отметить, что работ, в которых содержатся результаты исследований, касающиеся сейсмичности и вулканической активности восточной части Тихого океана, как и западной его части, предостаточно. Однако о теплогенерирующей деятельности подводных вулканов с выходом теплового потока к поверхности океанов работ, как уже отмечалось, не очень много. И еще меньше попыток как-то связать подводный активный вулканизм с сейсмической активностью участков морского дна. Представляется целесообразным осуществить комплексный анализ сейсмотектонической и вулканической активности в сочетании с изучением геотермических характеристик процессов подводного вулканизма. Это позволит оценить вклад каждого из упомянутых факторов в формирование общей атмо-гидротермальной обстановки в пределах «традиционных» областей зарождения тропических циклонов. Это также даст возможность решить целый ряд фундаментальных (академических) и практически интересных задач.

Помимо традиционного академического выхода – выявления причин возникновения и развития экваториальных циклонов и попутной оценки характерных особенностей сейсмической активности в районах их возникновения – изучение циклонической деятельности может иметь серьезные перспективы в плане обретения возможности управлять тайфунами, этим, одним из наиболее грозных метеорологических проявлений стихии. Это предположение не относится к области научной фантастики, поскольку достаточно хорошо известны проводимые работы по модификации метеорологических условий и, в частности, генерирования вихревых процессов в приземных слоях атмосферы.

Так, например, в книге N. Seshagiri “The weather weapon” (1977), название которой в русском переводе – «Против использования природы в военных целях» – представляется несколько странным, сообщается, что в 1961 г. удалось создать искусственный вихрь – торнадо, достигший высоты 1100 м над поверхностью земли и просуществовавший несколько минут. Суть эксперимента, который проводился на территории Франции, состояла в создании устойчивой системы подогрева приземного слоя атмосферы на достаточно большом по площади (~1,6 га) участке. При длительном совместном использовании 100 горелок была реализована тепловая энергия мощностью почти 700 МВт ( $10^8$  Дж/с). В первых опытах удалось создать лишь очень слабый искусственный торнадо диаметром 10 м и высотой 200 м. Вихрь просуществовал всего 3 мин., но в течение этого времени он перемещался по ветру со скоростью 100 м/с. В последующих экспериментах при использовании всего 48 горелок искусственный торнадо при скорости перемещения 250 м/с поднялся сначала до высоты в 200 м, а затем при скорости 200 м/с вырос до 1100 м над земной поверхностью. Спустя 15 часов с начала проведения эксперимента наблюдатели заметили вихревое образование диаметром 40 м, центр которого располагался по соседству с подогревающим устройством. При этом вдоль оси вихря просматривался светлый цилиндрический стержень диаметром 1 м. Феномен наблюдался почти 4 минуты. Автор, представивший описание этого эксперимента, в заключение указал перспективы дальнейших исследований в этом направлении: «Пройдет больше, чем несколько десятилетий, пока удастся искусственно вызывать торнадо большой энергии и тем более управлять их движением» [5]. Возникает вопрос – сколько еще их осталось, если со времени проведения эксперимента во Франции прошло более пяти десятилетий, и если учесть значительный положительный градиент траектории развития науки и технологий, особенно в сфере разработки систем вооружения? Вопрос, как можно себе представить, далеко не праздный.

Мы живем в не очень устойчивом мире с точки зрения проявлений стихии, часто катастрофических. Жители планеты постоянно испытывают засухи, наводнения, ураганы, торнадо, лесные пожары. Спекулируя на этом, нас пытаются убедить в том, что главная и чуть ли не единственная причина синоптических ката-

строф и грядущих катастрофических климатических изменений – это выбросы в атмосферу парниковых газов нашими машинами, ТЭЦ, фабриками и заводами. Но главная причина, скорее всего, в том, что мы недостаточно полно представляем жизнь Земли как планетного тела, недооцениваем роль эндогенных процессов, которые, наряду с солнечной радиацией и иными космическими факторами, определяют настоящее и будущее планеты. Мы до сих пор (большинство исследователей в области климатологии и метеорологии) верим в то, что основной источник энергии, приводящий в движение тепловую машину Землю – это Солнце, что изнутри (как считает большинство геологов и геофизиков) планету разогревает распад радиоактивных элементов. А это может быть и не так, или не совсем так. Оценка воздействия космических и планетарных факторов на Землю энергетически оценивается в  $10^{16}$  –  $10^{25}$  Дж. Тропические тайфуны «разгоняются» до энергии  $10^{16}$  –  $10^{18}$  Дж, вплотную подходя к энергетическому уровню воздействия неподвластных (может быть, пока) природных факторов.

Таким образом, детальные исследования одного из наиболее серьезных проявлений стихии (в данном случае – следствия интегрального действия разных факторов), какими являются тропические циклоны (тайфуны, ураганы, торнадо), могут стать первыми шагами к постижению синергетики нашей планеты и, возможно, обретению способности управлять стихией.

*Статья подготовлена при поддержке РФФИ, грант 16-05-00-276.*

*Авторы выражают глубокую благодарность всем коллегам, материалы которых были использованы при подготовке статьи, а также Российскому фонду фундаментальных исследований за материальную поддержку.*

## **Библиографический список**

1. Будыко, М. И. Тепловой и водный баланс земной поверхности, общая теория физической географии и проблема преобразования природы / М.И. Будыко, И.П. Герасимов // Тр. 3-го съезда Геогр. о-ва СССР. – Л. : Геогр. о-во СССР, 1959. – 18 с.
2. Галанин, А. В. Эндогенное тепло Земли подогревает океан и влияет на климат. – 2011. – Электрон дан. – URL: <http://ukhtoma.ru/seevulkan.htm> (режим доступа: свободный. Дата доступа: 30.11.18).

3. Монин, А. С. История Земли / А.С. Монин. – Л. : Наука, Ленингр. отд., 1997. – 228 с.

4. Трухин, В. И. Общая и экологическая геофизика / В.И. Трухин, К.В. Показеев, В.Е. Куницын. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 576 с.

5. Сешагири, Н. Против использования природы в военных целях / Н. Сешагири. – М. : Прогресс, 1983. – 340 с.

6. Районы возникновения и пути тайфунов. – Электрон. дан. – URL: [http://vseslova.com.ua/images/bse/0008/88373/1\\_big.jpg](http://vseslova.com.ua/images/bse/0008/88373/1_big.jpg) (режим доступа: свободный. Дата доступа: 30.11.18).

---

*Поступила в редакцию  
14.12.2018*