

## Природа некоторых фиксируемых ИСЗ источников ИК излучения

**В.А. Татарченко**

*Saint-Gobain Crystals*  
*Residence "Defense 2000", 92800 Puteaux, FRANCE*  
*E-mail: vitali.tatartchenko@orange.fr*

В работе показано, что некоторые источники ИК излучения, фиксируемые ИСЗ, являются результатом инфракрасного характеристического излучения (ИКХИ) фазовых переходов первого рода (конденсации и кристаллизации) воды. Приводятся экспериментальные и теоретические доказательства существования ИКХИ. Теория явления основывается на утверждении, что частица (атом, молекула или кластер) в процессе перехода с метастабильного более высокого энергетического уровня (пар или жидкость) на более низкий уровень (жидкость или кристалл) испускает один или несколько фотонов, энергия которых определённым образом связана со скрытой энергией фазового перехода. ИКХИ должно играть очень важную роль в атмосферных явлениях: это один из каналов охлаждения земной атмосферы; образование облаков, и в особенности штормовых облаков, должно сопровождаться интенсивным инфракрасным излучением, которое может быть зарегистрировано для определения особенностей процесса и штормовых предупреждений. Этот эффект также может быть использован для аккумуляции энергии в атмосфере путём усиления первичных излучений, совпадающих по частоте с ИКХИ, или создания инфракрасного лазера. Фактически это означает, что к четырём существующим источникам экологически чистой энергии (солнца, ветра, падающей воды и геотермальной) добавляется пятый – энергия образования тумана и облаков в атмосфере.

**Ключевые слова:** фазовые переходы, конденсация, кристаллизация, инфракрасное характеристическое излучение, образование штормовых облаков, штормовое предупреждение, аккумуляция энергии в атмосфере.

### Введение

В серии работ, выполненных более 30 лет назад [1 - 3], сообщалось о необычном физическом явлении: появлении инфракрасного характеристического излучения, сопровождающего кристаллизацию из расплава ряда щёлочно-галлоидных соединений, хлорида свинца и сапфира. Эти результаты не были получены случайно - им предшествовали длительные исследования на основе предположения о новом механизме освобождения скрытой энергии фазовых переходов первого рода.

Общепринятая точка зрения состоит в том, что при кристаллизации из расплава освобождаемая энергия фазового перехода отводится от границы раздела фаз путём теплопроводности. На микроскопическом уровне это утверждение означает, что каждая частица (атом, молекула или кластер) в процессе перехода с более высокого (метастабильного в данных условиях) энергетического уровня в расплаве на более низкий (стабильный) уровень в кристалле испускает несколько фононов. Но ещё в 1964 году автор настоящей работы предположил, что частица, находящаяся в возбуждённом состоянии на метастабильном уровне, при переходе в устойчивое состояние может освободиться от избытка энергии путём излучения одного или нескольких фотонов (как в лазере). Этот механизм логично было распространить и на другие фазовые переходы первого рода, в частности на конденсацию паровой фазы. Мы назвали это излучение инфракрасным характеристиче-

ским излучением (ИКХИ) фазовых переходов первого рода, т.к. оказалось, что для всех веществ указанное излучение лежит в ИК области спектра. Для проведения экспериментов по поиску ИКХИ были выбраны щёлочно-галлоидные соединения и сапфир - вещества, прозрачные в широком ИК диапазоне.

В 1966 году автор данной статьи начал эти работы в ЛФТИ им. А.Ф. Иоффе АН СССР. В 1972 году работы были продолжены в ГОИ им. С.И. Вавилова. С 1973 по 1983 год работы продолжались в ИФТТ АН СССР с небольшим перерывом – в 1978 году в течение нескольких месяцев во время научной командировки автор проводил эти работы в Массачусетском Технологическом Институте (США). Первые положительные результаты были получены в 1970 году, но их долго не удавалось опубликовать, т.к. специалисты в области оптики отвергали возможность высокотемпературной люминесценции. Публикация первой теоретической работы [4] не изменила ситуации: нам приходилось искать всё новые и новые подтверждения существования ИКХИ. Только в 1977 году первая работа была принята в печать. В настоящее время имеются неоспоримые экспериментальные и теоретические подтверждения существования ИКХИ. Часть из них приводится в публикациях автора [1 – 3, 5 – 12] и цитируемой в них литературе. Цель настоящей работы состоит в том, чтобы суммировать доказательства существования ИКХИ и показать, что это излучение играет существенную роль в физике атмосферы.

### **Экспериментальные доказательства существования ИКХИ**

Рассмотрим некоторые эксперименты, доказывающие существование ИКХИ. Исследования инфракрасного эмиссионного спектра при кристаллизации щёлочно-галлоидных соединений (LiF, NaCl, NaBr, NaI, KCl, KBr, KI) и PbCl<sub>2</sub> [1, 3] осуществлялось на установке, состоящей из печи сопротивления с платиновым или алундовым тиглем и инфракрасного спектрометра, модифицированного для регистрации быстрых процессов. Кристаллизация проводилась за время от нескольких десятков секунд до одного часа в зависимости от типа охлаждения. Излучение от системы расплав – кристаллизующее вещество направлялось в спектрометр с помощью металлического зеркала. На фоне теплового излучения при кристаллизации фиксировались дополнительные пики в диапазоне длин волн  $\lambda \approx 3 - 4 \mu\text{m}$ . Появление пиков предшествовало видимому началу кристаллизации. Пики исчезали не сразу после окончания кристаллизации. Время исчезновения пика зависило от скорости кристаллизации и составляло величину от нескольких секунд до нескольких минут. Интенсивность фиксируемого излучения возрастала с увеличением скорости кристаллизации. В [3] эксперименты проводились в основном с LiF ввиду его малой гигроскопичности. Впоследствии выяснилось, что LiF удобен для экспериментов и из-за малой вязкости расплава. Спектры из [1] по структуре были довольно сложными из-за присутствия в исследуемом диапазоне линий поглощения атмосферных паров воды (3.4  $\mu\text{m}$ ), CO<sub>2</sub> (3.95  $\mu\text{m}$  и 4.35  $\mu\text{m}$ ) и связанных со структурой LiF групп OH<sup>-</sup> (2.7  $\mu\text{m}$ ). Было решено очистить спектры от паразитных линий, для чего в [3] эксперименты проводились в атмосфере аргона или азота. Следующий шаг в получении чистого характеристического спектра состоял в использовании двухлучевого спектрометра с компенсацией теплового излучения тигля и расплава. Это позволило уточнить положение пиков и иногда разре-

шить их тонкую структуру. Результирующий LiF пик оказался суперпозицией четырёх пиков с  $\lambda_1 = 2.80\mu\text{m}$ ;  $\lambda_2 = 3.45\mu\text{m}$ ;  $\lambda_3 = 4.05\mu\text{m}$ ;  $\lambda_4 = 4.35\mu\text{m}$ . Позиция последнего пика соответствует скрытой теплоте кристаллизации. Для остальных исследованных веществ были детектированы только основные пики, соответствующие скрытой теплоте фазовых переходов.

В [2] представлены эксперименты по регистрации характеристического спектра в процессе кристаллизации сапфира ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) из расплава. Нагрев и плавление осуществлялись в вакууме с помощью высокочастотной аппаратуры, снабженной оптическими окнами из флюорита или плавленого кварца. Спектры излучения твёрдого, жидкого и кристаллизующегося сапфира были измерены в спектральном диапазоне от 0.7 до 2.5  $\mu\text{m}$  при температурах от 2100°C до 1600°C. Это позволило построить дифференциальные спектры кристаллизации и зафиксировать пик неравновесного излучения с  $\lambda = 1.1$  мкм, что соответствует теплоте плавления сапфира 26 ккал/моль.

В работах [13 - 15] регистрировались спектры излучения при кристаллизации расплавов веществ, имеющих температуру плавления ниже 100°C: 2-метил-2 пропанола, тиосульфата натрия и 4-н алкил-4 циофенила. Температуры и энтальпии плавления этих веществ соответственно следующие: 25.5°C, 6.8кДж/моль; 48.5°C, 23.4кДж/моль; 57°C, 5.3кДж/моль. Излучение фиксировалось приёмником, имеющим высокую чувствительность в спектральном диапазоне 2.5 – 10.0 мкм. В отличие от экспериментов со щелочногаллоидными соединениями и сапфиром, низкие температуры плавления исследуемых веществ облегчали регистрацию неравновесного ИК-излучения. При кристаллизации расплава тиосульфата натрия, переохлаждённого на 15°C, что соответствовало высокой скорости кристаллизации, отчётливо проявлялся пик неравновесного излучения. Для остальных двух веществ пика не наблюдалось.

В работе [16] дифференциальная детектирующая система, позволяющая регистрировать очень быстрые процессы в оптическом диапазоне 2 – 4 мкм, была использована для исследования кристаллизации теллура. Кристаллизация образцов массой 10г начиналась при глубоком переохлаждении порядка 100°C и происходила в течение 1.5 миллисекунд с испусканием интенсивного излучения.

В работе [17] эксперименты проводились на установке включающей сосуд с кипящей водой, охлаждаемую стеклянную поверхность, на которой конденсировался пар, и чувствительную систему регистрации инфракрасного излучения. Сообщается об аномально высокой интенсивности инфракрасного излучения от границы стекло – конденсирующийся пар. Эта интенсивность увеличивалась с увеличением скорости конденсации. В диапазоне 1 - 4  $\mu\text{m}$  интегральная интенсивность в 4 раза превышала равновесную. Были зарегистрированы два основных пика излучения 1.54мкм и 2.10мкм, интенсивность которых в сто – двести раз превосходила фоновую.

В работе [18] описываются эксперименты по регистрации инфракрасного излучения в процессе замерзания воды и конденсации водяных паров в замкнутой камере, в которой понижение температуры осуществлялось за счёт адиабатического расширения воздуха и паров воды. Излучение из камеры выводилось через Ge окно. Излучение регистрировалось болометром. Желаемый диапазон излучения выделялся системой фильтров. Зарегистрировано увеличение интенсивности излучения в диапазоне 28 - 40  $\mu\text{m}$  – для первого процесса и 4 - 8  $\mu\text{m}$  – для второго. Интенсивность излучения намного превосходила интенсивность Планковского излучения при соответствующей температуре.

## Теоретические предпосылки существования ИКХИ

Результаты экспериментов по регистрации ИКХИ не вызывают сомнения, но до сих пор факт существования такого излучения представляется удивительным. Наличие излучения не следует из обычных представлений о природе фазовых переходов и не учитывается при рассмотрении их кинетики. Как правило, высокотемпературная люминесценция отвергается в пользу безызлучательного фононного механизма отвода скрытой энергии фазового перехода. Приведем пример рассуждений сторонников этой точки зрения для случая кристаллизации расплава. Рассмотрим возбужденную частицу вблизи границы раздела фаз. Для реализации излучательного фазового перехода необходимо, чтобы вероятность излучения энергии возбуждения частицей была равна или больше вероятности преобразования этой энергии в тепло. Для свободной частицы в возбужденном состоянии оптическое время жизни  $t_1 = 10^{-7} - 10^{-8} \text{ с}$ . Для переходов в ближней инфракрасной области при температуре  $T \approx 1000 \text{ К}$  время безызлучательной многофононной релаксации в твердых телах  $t_2 \leq 10^{-9} \text{ с}$ . Поэтому вероятность световой эмиссии ( $p \sim t_2/t_1 \ll 1$ ) очень мала, и должен реализоваться безызлучательный переход.

Оказалось однако, что эта оценка, сделанная для отдельной частицы, несправедлива для ансамбля частиц. Это легко доказывается с применением теории сверхизлучения [19]. Явление сверхизлучения состоит в том, что система возбужденных частиц за счёт их взаимного влияния друг на друга посредством общего поля излучения испытывает оптический переход на нижний уровень за время, много меньшее времени радиационного распада отдельной частицы. Иными словами время  $t_1$  оптического перехода между расплавом и кристаллическим состоянием может быть меньше или сравнимо со временем  $t_2$  безызлучательной релаксации. Оценки, сделанные в [20], показывают, что сверхизлучение при фазовых переходах достигается, если система содержит как минимум  $10^5$  частиц. Применительно к фазовым переходам в атмосфере эта оценка даёт нам минимальный размер капелек конденсации, образующихся с испусканием ИКХИ. Мы уже упоминали работу [4], в которой в рамках квантовой электродинамики рассматривался вопрос о возможности излучательного фазового перехода. На микроскопическом уровне эта проблема в деталях анализируется в [11, 12].

Очень важным является вопрос, какая часть скрытой энергии фазового перехода излучается. Этот вопрос теоретически ещё не решён. Специальных экспериментов такого рода тоже не проводилось. Очевидно, что количество излучённой энергии прежде всего зависит от прозрачности обеих (метастабильной и стабильной) фаз. Проблема прозрачности метастабильной фазы очень специфична. Действительно, по аналогии с лазером, эта фаза содержит два уровня - основной и возбуждённый. Следовательно, эта среда может функционировать как усилитель и при условиях достаточного пересыщения должна быть прозрачна для характеристического излучения. Это единственное объяснение, почему характеристическое излучение детектируется при фазовых переходах ряда веществ, непрозрачных для инфракрасного излучения.

## Источники ИК-излучения в земной атмосфере

Инфракрасное излучение, фиксируемое искусственными спутниками земли (ИСЗ), позволяет получать интересную информацию о процессах, происходящих на земной по-

верхности и в земной атмосфере. Однако не всегда трактовка инфракрасных изображений является однозначной. Разберем для примера результаты, представленные в работе [21]. Здесь использовались данные, полученные спутниковым радиометром AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) в пяти каналах излучения с длинами волн в диапазонах: 1) 0.58 – 0.68 мкм, 2) 0.725 – 1.1 мкм, 3) 1.6 мкм или 3.55 – 3.95 мкм, 4) 10.3 – 11.3 мкм, 5) 11.5 – 12.5 мкм. Анализировалось изображение западной окраины Североамериканского континента, обладающего источниками (размером от 600 X 15 км<sup>2</sup> до 1.5 X 1.5 км<sup>2</sup>) постоянной или периодической (особенно активной в период дождей) инфракрасной радиации с аномально высокой интенсивностью. Оказалось, что этими источниками являются:

1. Береговая линия океанского побережья и побережья озер;
2. Склоны хребтов с высотой более 2500 м, при этом инфракрасное излучение наиболее контрастно распределяется на чередующихся хребтах и впадинах;
3. Ареальное инфракрасное излучение впадины Грейт-Велли, которое наиболее заметно в сезон выпадения атмосферных осадков.

Сухой климат тихоокеанского побережья и низкая плотность растительности позволили исключить влияние индекса вегетации на результаты определения яркостей. Использовались данные измерений в 4:00 – 5:00 местного времени, что позволило считать дневную тепловую инерцию рельефа минимальной. Та же группа авторов в ряде работ приводит похожие картины распределения инфракрасного излучения земли, полученные ИСЗ, для южной части Восточной Сибири, для Таримской впадины в Китае, для Рейнского грабена в Западной Германии и для зон спрединга и рифтогенеза афарской депрессии в северо-восточной Африке. Это позволяет авторам считать, что изучаемое явление имеет глобальный характер. Согласно [22] типичные величины ИК – потоков находятся в интервале 50 – 90 мВт/м<sup>2</sup> стрд мкм

В работах [23, 24] приведены факты фиксации импульсов инфракрасного излучения во время существования слабой грозовой облачности в районе села Преображенка Читинской области на высоте 1 км над уровнем моря широкополосным радиометром в диапазоне длин волн 7 – 14 мкм: 14 июля 1987 года и 14 декабря 2006 года. Мощность импульсов превышала все возможные помехи и соответствовала значению радиационной температуры 330К при уровне фона 250К – 270К.

Ещё в 1968 году авторы работы [25] разработали фотокамеру, позволяющую получать фотографии объектов в различных спектральных диапазонах. В инфракрасном диапазоне 8 – 14 мкм они обнаружили в земной атмосфере источники излучения, которые не могут быть объяснены ни равновесным тепловым излучением, ни эффектами отражения. Эти источники соответствуют нижним частям формирующихся кучевых облаков с температурой –5°С и поднимающемуся тёплому воздуху, насыщенному водяным паром.

В настоящее время существует множество изображений Земли, снятых из космоса в различных спектральных диапазонах. Как правило, для регистрации облаков в земной атмосфере используется инфракрасный диапазон 6.5 – 7.0 мкм. Например, в работе [<http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap020323.html>] приводятся фотографии Земли, снятые в 1994 году спутником GOES–8 на длине волны 6.7 мкм. А на спутнике GMS-5, запущенном в 1997 году Японским Метеорологическим Агенством для регистрации распределения водяных паров в атмосфере [25], радиометр VISSR работал в диапазоне 6.5 – 7.0 мкм. На снимках из этих работ яркие области соответствуют высокой концентрации водяных паров, в то время как тёмные места являются сравнительно сухими областями.

## Обсуждение природы наблюдаемых ИК-источников

Авторы работ [21, 22] говорят о многофакторности фиксируемого ими излучения. Среди возможных причин рассматривается эндогенный тепловой поток и конденсация паров воды при участии в качестве центров конденсации ионов различных веществ (в основном радона) вдоль смесителей разломов. При этом совершенно непонятно, почему для выхода на поверхность эндогенное тепло выбирает высоту 2500м, или оказывается предпочтительной зона сочленения водной поверхности и суши. Что касается выделения скрытой теплоты конденсации водяного пара, всё объяснение сводится к тривиальному увеличению температуры, которое легко могло бы быть измерено.

Очень жаль, что в этих работах не сравниваются изображения исследуемых участков земной поверхности в различных спектральных диапазонах. Тем не менее, опубликованные данные позволяют предложить следующее объяснение природы рассматриваемых источников инфракрасного излучения. Все упомянутые источники находятся в местах с идеальными условиями для непрерывного образования облаков (включая снежные): во-первых, это значительные водные поверхности, во-вторых, это сочленения воды и суши; в-третьих, это горные склоны на высоте более 2500м. У подножья Монблана гид обязательно обратит ваше внимание на кольцевое облако, которое постоянно окутывает гору на высоте около двух с половиной тысяч метров. Это облако образуется в результате конденсации водяного пара в тёплых потоках воздуха, поднимающихся по склонам горы. Отмеченное в обсуждаемых работах присутствие заряженных ионов в атмосфере способствует интенсификации процесса. Сезонное изменение интенсивности излучения также соответствует нашей модели. Таким образом, у нас нет никакого сомнения, что описанное в работах [21, 22] инфракрасное излучение является ИКХИ фазовых переходов первого рода для воды. Это также касается и работ [23, 24]. Как было показано в [5, 7], диапазон 7 – 14 мкм захватывает основную линию ИКХИ конденсации воды для двухфотонного процесса при пониженном давлении. Этот диапазон соответствует окну прозрачности атмосферы, поэтому, если даже максимум ИКХИ находится вне этого диапазона, но достаточно близко, излучение здесь будет уверенно фиксироваться. При этом следует иметь в виду, что образование снежных облаков и града наряду с обычной облачностью сильно усложняют спектр ИКХИ.

Мы нигде не нашли объяснения, почему при съёмках из космоса диапазон 6.5 – 7.0 мкм используется для фиксации влаги в атмосфере [24]. Наша модель даёт объяснение этому факту - при съёмках из космоса в местах облачности фиксируется характеристическое излучение конденсации водяных паров [5, 7]. При этом для перистых облаков при съёмках из космоса излучение практически не поглощается атмосферой и поэтому не очень существенно, что излучение лежит вне окна прозрачности атмосферы. Что касается экспериментов [1 – 3, 16 - 18], то как показано в [8 - 10], их результаты полностью соответствуют теоретической модели [11, 12]. Следует особо остановиться на экспериментах [13 - 15]. Для тиосульфата натрия положение пика полностью соответствует модели из [11, 12]. В то же время нет ничего удивительного в том, что для двух других веществ излучение не было зафиксировано. Максимум пика излучения для 2-метил-2 пропанола должен соответствовать 17.7мкм, а для 4-н алкил-4 цинофенила - 22.6 мкм. Если учесть, что спектральная чувствительность приёмника ограничена диапазоном 2.5 – 10.0 мкм, то излучение для обоих веществ не попадает в эту область.

Следует упомянуть, что небольшая часть скрытой теплоты замерзания воды дополнительно выделяется в виде электромагнитного излучения [27]. Это излучение тоже следовало бы поискать в атмосфере. Теория этого эффекта предложена в [28].

### **Заключение**

Большое число экспериментальных и теоретических аспектов проблемы ИКХИ при фазовых переходах ещё предстоит исследовать. Но уже сейчас мы можем обсудить возможность применения этого явления к атмосферным процессам.

В соответствии с принципами квантовой электродинамики наличие описанного спонтанного перехода должно приводить к возможности стимулировать этот переход. Например, образование облаков может иметь место в результате облучения атмосферы характеристическим излучением. При этом первичный лазерный луч должен быть усилен. Таким способом энергия конденсации пара может быть аккумулирована в атмосфере.

Инфракрасный лазер может быть создан на основе конденсации водяного пара в атмосфере. Он также может быть использован для аккумулирования энергии конденсации. Представим себе систему из двух параллельных зеркал (одно из них полупрозрачное) площадью  $1 \text{ м}^2$  на расстоянии  $1 \text{ м}$  одно от другого. Поместим эту систему в атмосферу, где водяной пар насыщен, но ещё не сконденсирован. Как отмечалось выше, таким местом может быть склон горы на высоте порядка  $2500 \text{ м}$ . Каким-либо способом спровоцируем конденсацию пара. В оптимальном случае  $10 \text{ г}$  водяного пара будет сконденсировано в системе. Это соответствует выделению  $25 \text{ кДж}$  энергии. При этом система будет работать как лазер. Если обеспечить движение воздуха в системе со скоростью  $1 \text{ м/с}$ , то при разумном значении КПД  $8\%$  можно создать импульсный генератор мощностью  $2 \text{ кВт}$  и частотой  $1 \text{ Гц}$ . Для сравнения, солнечная батарея площадью  $1 \text{ м}^2$  обеспечивает мощность  $100 \text{ Вт}$  при наличии солнечного освещения.

Образование грозных облаков и ураганов должно сопровождаться мощным инфракрасным излучением. Его регистрация может служить, наряду с другими существующими способами, целям грозных предупреждений. Также могут быть получены дополнительные сведения о структуре грозных облаков и ураганов.

Может быть сформулирована программа использования рассматриваемого эффекта для изучения климатических проблем. Это излучение должно включаться во все расчёты энергетического баланса в атмосфере. В частности, инфракрасное переизлучение в космос в результате формирования облаков на большой высоте должно служить одним из каналов охлаждения атмосферы. Искусственное образование таких облаков могло бы обеспечить дополнительное охлаждение земной атмосферы.

ИКХИ может быть использовано для обнаружения воды на других планетах.

### **Выводы**

Таким образом, новый физический эффект – инфракрасное характеристическое излучение (ИКХИ) фазовых переходов первого рода (в частности, к ним относится конденсация водяного пара и замерзание воды) следует учитывать при анализе физических явлений в атмосфере Земли и других планет.

Работа выполнена в порядке личной инициативы в фирме: Saint-Gobain Crystals, France

## Литература

1. *Татарченко В.А.* Появление особенностей в спектрах излучения в процессе кристаллизации прозрачных в инфракрасной области веществ// Кристаллография, 1979. Т. 24. №2. С. 408 – 409.
2. *Татарченко В.А., Умаров Л.М.* Инфракрасное излучение, сопровождающее кристаллизацию сапфира// Кристаллография, 1980. Т. 25. №6. С. 1311 - 1313.
3. *Умаров Л.М., Татарченко В.А.* Дифференциальные спектры кристаллизационного излучения галогенидов щелочных металлов// Кристаллография, 1984. Т. 29. №6. С. 1146 - 1150.
4. *Perel'man M. E.* Phase transitions caused by the opening of new channels in electron- photon interactions// Physics Letters A, 1971. V. 37. № 5. P. 411-412.
5. *Tatartchenko V.A.* Infrared characteristic radiation of water condensation and freezing in connection with atmospheric phenomena//Earth-Science Reviews, 2010. V. 101. P. 24 -28.
6. *Татарченко В.А.* О природе некоторых источников инфракрасного излучения атмосферы// Исследование Земли из Космоса, 2010. №2. С. 88 - 90.
7. *Татарченко В.А.* Инфракрасное характеристическое излучение фазовых переходов первого рода и его связь с оптикой атмосферы//Оптика Атмосферы и Океана, 2010. Т.23. № 3. С. 169 – 175.
8. *Tatartchenko V.A.* Infrared laser based on the principle of melt crystallization or vapor condensation. Why not?// Optics & Laser Technology, 2009. V. 41. №8. P. 949 – 952.
9. *Tatartchenko V.A.* Some peculiarities of first order phase transitions// Rev. Adv. Mater. Sci., 2009, V. 20, №1, P. 58 - 69.
10. *Tatartchenko V.A.* Characteristic IR radiation accompanying crystallization and window of transparency for it// J. Cryst. Growth, 2008. V. 310. №3. P. 525-529.
11. *Perel'man M.E., Tatartchenko V.A.* Phase transitions of the first kind as radiation processes// Physics Letters A, 2008. V. 372. №14. P. 2480 – 2483.
12. *Perel'man M. E., Tatartchenko V. A.* Phase transitions of the first kind as radiation pprocesses// 2007, arXiv: 0711.3570, P. 1 – 17.
13. *Драгун В.Л., Стетюкевич Н.И.* Влияние кристаллизации и плавления на характеристики ИК-излучения веществ в области температур 300 – 330 К// Известия Национальной академии наук Беларуси, Серия физико-технических наук, 1999. №4. С.134 – 136.
14. *Драгун В.Л., Стетюкевич Н.И.* ИК-излучательные характеристики кристаллогидратов в области плавления и кристаллизации// Труды 4го Минского международного форума по тепло-массообмену, ФРЛ ИТМО НАНБ – Минск 2000 – Т.2. С. 121 – 124.
15. *Драгун В.Л., Стетюкевич Н.И., Хилько М.В., Васецкий В.А.* Влияние условий теплообмена на ИК-излучение в процессах кристаллизации и плавления// Труды 5го Минского международного форума по тепло-массообмену, ФРЛ ИТМО НАНБ – Минск 2004 – Т.2. С. 181 – 188.
16. *Макуха В.К., Кидяров В.И., Николаев И.В., Козхаро А.Р.* Tellurium melt crystallization study by differential-ray radiation and thermal analysis method// Proceedings of the 9th Russian-Korean International Symposium on Science and Technology. KORUS 2005. P. 222 – 224.
17. *Potter W.R., Hoffman J.G.* Phase transition luminescence in boiling water; evidence for clusters// Infrared Physics, 1968. V. 8. №4. P. 265-270.
18. *Mestvirishvili A.N., Directovich J.G., Grigoriev S.I., Perel'man M.E.* Characteristic radiation due to the phase transitions latent energy// Physics Letters A, 1977. V. 60. №2. P. 143-144.
19. *Dicke R.H.* Coherence in Spontaneous Radiation Processes//Phys. Rev. 1954. V.93. №1. P. 99–110.
20. *Саль С.А., Смирнов А.П.* Фазовопереходное излучение и рост новой фазы// Журнал Технической Физики, 2000. Т. 70. № 7. С. 35 – 39
21. *Вилор Н.В., Абушенко Н.А., Тацилин С.А.* Инфракрасное излучение земли в области сочленения океан – континент// Исследование земли из космоса, 2004. №2. С. 17-24.
22. *Вилор Н.В., Абушенко Н.А., Тацилин С.А.* Спутниковый метод изучения корреляции инфракрасного эмиссионного потока и элементов геологической структуры Земли в северном полушарии// Сборник Научных Статей 3-ей Конференции “ Современные Проблемы Дистанционного Зондирования Земли из Космоса“, 2005. Т. 2. С. 215 – 224.
23. *Бордонский Г.С.* Возможные следы лазерного излучения атмосферы земли//Оптика атмосферы, 1990. Т. 3. №4. С. 390 – 393.
24. *Bordonskiy G. S., Gurulev A. A.* Measurements of the thermal emission of Chita atmosphere in the magnetic storm of 14 December 2006// Abstracts of Fourteenth International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics/Atmospheric Physics, (*Matvienko G.G. and Banakh V.A.* editors) Russia, Tomsk, 2008.

25. *Nichols L.W., Lamar J.* Conversion of infrared images to visible in Color// *Applied Optics*, 1968. V. 7. №9. P. 1757-1762.
26. *Curtis A.R.*, *Space Satellite Handbook*, Gulf Publishing, Houston, TX, 1994. P. 346.
27. *Shibkov A. A. et al.* In situ monitoring of growth of ice from supercooled water by a new electromagnetic method// *J. Crystal Growth*, 2002. V. 236. №1-3. P. 434-440
28. *Perel'man M. E., Rubinshtein G.M., Tatartchenko V. A.* Mechanisms of dendrites occurrence during crystallization: Features of the ice crystals formation// *Physics Letters A*, 2008. V. 372. №22. P. 4100 – 4103.

## **The nature of specific sources of infrared radiation recorded by satellites**

**V.A. Tatartchenko**

*Saint-Gobain Crystals*  
*Residence "Defense 2000", 92800 Puteaux, FRANCE*  
*E-mail: vitali.tatartchenko@orange.fr*

This paper considers the nature of specific sources of infrared radiation in the Earth's atmosphere (especially observed by satellites) as infrared characteristic radiation (IRCR) of first order phase transitions (condensation and crystallization of water during fog and clouds formation). Experimental and theoretical evidence of the IRCR existence are discussed. The phenomenon is based on the claim that the particle's (atom, molecule, or cluster) transition from higher energetic level (vapor or liquid) to lower one (liquid or crystal) produces an emission of one or few photons. The energy of these photons is shown to be connected in a definite way with the latent energy of the phase transition. IRCR was recorded during crystallization of many substances. The effect under investigation must play a very important role in the atmospheric phenomena: it is one of the sources of Earth's cooling; formation of hailstorm clouds in the atmosphere is accompanied by intensive characteristic infra-red radiation that could be detected for process characterization and meteorological warnings. The effect can be used for atmospheric heat accumulation by IRCR beam amplification or even to design an IRCR laser. In fact, together with the energy of wind, falling water, geothermal and solar energy, fog and cloud formation could give us the fifth source of ecologically pure energy.

**Keywords:** phase transitions, condensation, crystallization, infrared characteristic radiation, formation of hail, meteorological warnings, atmospheric energy accumulation.