

Роль климатических особенностей Кавказа в выявлении экологических проблем Земли

А. И. Литвинов

Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

В статье «Приэльбрусье — «Окно» в экосистему Земли» [1], явившейся результатом нескольких экологических экспедиций, организованных автором, описано множество наблюдаемых в Приэльбрусье экологических проблем. Самая глобальная из них: разрушение атмосферы всей планеты. Признак разрушения — «покрывало», содержащее отходы производственной деятельности человека, толщиной примерно 1500 м, верхняя граница располагается на высоте около 4200 м. Определение химического состава этого «покрывала» — задача специальной экологической экспедиции. Интенсивное загрязнение оставляет следы даже там, где сегодня нет никаких производств, опасных для экологии. Этому способствуют климатические особенности Кавказа. Исследованию этих климатических особенностей и посвящена настоящая статья.

Ключевые слова: Главный Кавказский хребет; климат Кавказа; циклон; экологическая проблема; окружающая среда.

Географические особенности Кавказа.

На рисунке 1 (с. страница 48) выделен Главный Кавказский хребет, который мощной стеной расположился между Черным и Каспийским морями.

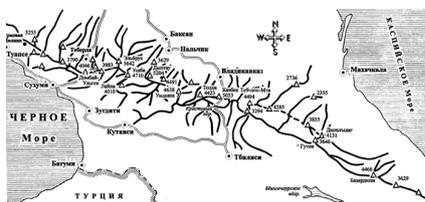


Рис. 1. Карта Кавказа

Известно, что высота большей части Главного хребта колеблется от 4000 до 5000 м. Для того чтобы особенности макрорельефа горной страны воспринимались как зрительный образ, представим, что стоим на одной из вершин Главного хребта лицом на запад. В этом случае справа будем видеть северные склоны хребта, а слева южные.

Легко заметить, что склоны эти различны.

1. Южные склоны Главного хребта пологие. Ледников на них мало, причем все небольшие. Летом склоны довольно быстро теряют снег, так как южное солнце отдает им очень много тепла. Сеть гребней образует неглубокие ущелья, по дну которых текут небольшие речки и ручьи.

2. Северные склоны отвесные. Примыкающие гребни образуют мощные цирки, заполненные ледниками и снегом. Макрорельеф Северного Кавказа — это хребты, параллельные Главному. Их северные склоны тоже имеют цирки с ледниками и снежниками, хотя значительно меньшие, но формируют горные долины и мощные ущелья с многоводными реками.

В нескольких километрах к северу от Главного хребта расположен вулкан Эльбрус. В этом месте высота хребта меньше высоты вершин Эльбруса почти на 2000 м.

Климатические особенности Кавказа, Северного Кавказа и Эльбруса. Стена Главного Кавказского хребта вызывает трепет и восторг. Так как наблюдение за климатическими процессами производится пешим экологом-туристом, важно выбрать такой район Кавказа, в котором природные процессы протекают наиболее динамично и выразительно для наблюдателя. Это Приэльбрусье.

Особенности исследования Приэльбрусья:

1) большое разнообразие доступного для наблюдений рельефа: Главный хребет, несколько параллельных ему хребтов, понижающихся по мере удаления от Главного хребта, обширная Баксанская долина, дающая просторное ложе для мощной реки Баксан, и множество ущелий, упирающихся в Главный хребет и параллельных ему;

2) погодные условия при достаточном опыте путешествий в Приэльбрусье вполне предсказуемы:

— устойчиво хорошая погода (солнечно, небо без облаков): S_1 — без ветра, S_2 — с умеренным ветром,

— непогода местного значения (утро солнечное, в середине дня возможна гроза, к вечеру облака тают, небо звездное): S_3 — без ветра, S_4 — с умеренным ветром,

— длительная непогода, принесенная издалека: S_5 — циклоны с небольшим количеством влаги — кратковременные дожди в течение 2—3 дней; S_6 — циклоны с большим количеством влаги — продолжительные мощные ливни с грозами (такая непогода может длиться 5—7 дней).

Тело циклона похоже на вращающийся диск (в северном полушарии диск вращается против часовой стрелки). Так в природе установилось, что траектории движения циклонов пролегают параллельно Главному Кавказскому хребту:

одни южнее хребта, другие севернее, наблюдаются и совпадающие с хребтом. Независимо от мощности, каждый циклон несет много влаги. Общая масса влаги распределяется таким образом, что наибольшая ее плотность — в центре, наименьшая — на периферии. Что касается температуры тела циклона, то на периферии она больше.

Поставим задачу: исследовать процессы загрязнения Природы Кавказа в зависимости от климатических особенностей данной местности. Рассмотрим, как выделенные нами погодные условия $S_1 \div S_6$ воздействуют на грязное «покрывало» атмосферы горной страны.

Воздействие погодных условий S_1 . Погода S_1 устойчиво хорошая и безветренная. Под действием тепла солнечных лучей происходит испарение влаги со склонов хребта: при движении вниз интенсивность испарения возрастает, почва содержит больше влаги, повышается температура воздуха.

Грязное «покрывало» неподвижно относительно наблюдаемого рельефа. В таком состоянии оно может терять некоторую часть включений:

— за счет молекулярного взаимодействия при контакте со снежными склонами;

— в процессе взаимодействия с атмосферой: грязные микрочастицы побуждают конденсацию влаги.

Загрязнение атмосферы при погодных условиях S_1 : снежные склоны теряют некоторую часть своей отражательной способности. Предположим, что хорошая погода держится несколько дней подряд. Пусть к концу первого дня отражательная способность склона уменьшилась на величину Δ_1 . На второй день наблюдаемая поверхность поглощает больше солнечного тепла, больше выделит влаги и еще больше грязи прихватит из «покрывала». Следовательно,

его отражательная способность уменьшится на величину $\Delta_2 > \Delta_1$. И так далее: процесс выделения грязи ускоряется.

Воздействие погодных условий S_2 .

Погода S_2 устойчиво хорошая, но ветреная. Рассмотрим два направления ветра:

- 1) вдоль хребта;
- 2) перпендикулярно хребту.

В первом случае можно воспользоваться результатами рассуждений о влиянии погодных условий S_1 , следует лишь учесть, что погодная ситуация будет смещаться вдоль хребта. Некоторые изменения рисунка облаков будут наблюдаться, но распределение влаги качественно останется тем же.

Во втором случае влажность существенно увеличится за счет осадков, которые ветер приносит из долины. Влагу отдают ручьи и река, текущие в долине, и травянистые склоны, прилегающие к реке.

Загрязнение атмосферы при погодных условиях S_2 аналогично рассмотренному при S_1 , но более значительно: «покрывало» теряет больше грязи в наблюдаемой местности.

Воздействие погодных условий S_3 .

Непогоду местного значения S_3 (ветер отсутствует) можно определить как трансформирование погоды S_1 при значительном возрастании процессов испарения, что происходит под воздействием двух факторов: 1) повышение температуры окружающей среды; 2) накопление влаги после длительной дождливой погоды.

Погодные условия S_3 отличаются от условий S_1 появлением кратковременных дождей к середине дня.

Промывка грязного содержимого «покрывала» каплями дождя из облаков, питаемых влагой местного происхождения, не постоянна, так как облака, потерявшие влагу, должны вновь получить ее за счет процессов местного испарения.

Загрязнение атмосферы при погодных условиях S_3 более заметно, чем при S_1 : интенсивнее воздействие на грязное «покрывало» (выделение грязи усиливается) и на поверхность наблюдаемого рельефа (отражательная способность уменьшается существенно быстрее).

Воздействие погодных условий S_4 .

Погодные условия S_4 (непогода местного значения, ветреная) отличаются от условий S_2 фактором, увеличивающим интенсивность взаимодействия грязного «покрывала» с поверхностью Земли и атмосферой: ветер приносит влажный воздух и скопление облаков (с дождями) из близлежащих горных ущелий, интенсивность дождя в месте наблюдения может оставаться неизменной на протяжении длительного времени.

Как и в случае погодных условий S_2 , при наблюдении процессов, определяемых условиями S_4 , необходимо учитывать направление ветра, *разложив вектор скорости ветра на две составляющие, из которых одна параллельна хребту, а другая перпендикулярна.*

Загрязнение атмосферы при погодных условиях S_4 аналогично рассмотренному при S_3 , но более значительно.

Воздействие погодных условий S_5 .

Анализ результатов длительного наблюдения погодных условий в Приэльбрусье показал, что циклоны с небольшим количеством влаги задевают Главный Кавказский хребет (далее Хребет) только периферийной частью и движутся по двум различным траекториям:

- 1) южнее Хребта — это условие обозначим как S_{5-1} ;
- 2) севернее Хребта — это условие обозначим как S_{5-2} .

Циклоны, определяющие погодные условия S_{5-1} , в период от их зарождения до появления в районе Кавказа не успевают напитаться значительным

количеством влаги. Вместе с тем движение этих циклонов над горячими пустынями обеспечивает значительный

прогрев их воздушной массы. Для анализа особенностей влияния погодных условий S_{5-1} воспользуемся рисунком 2.

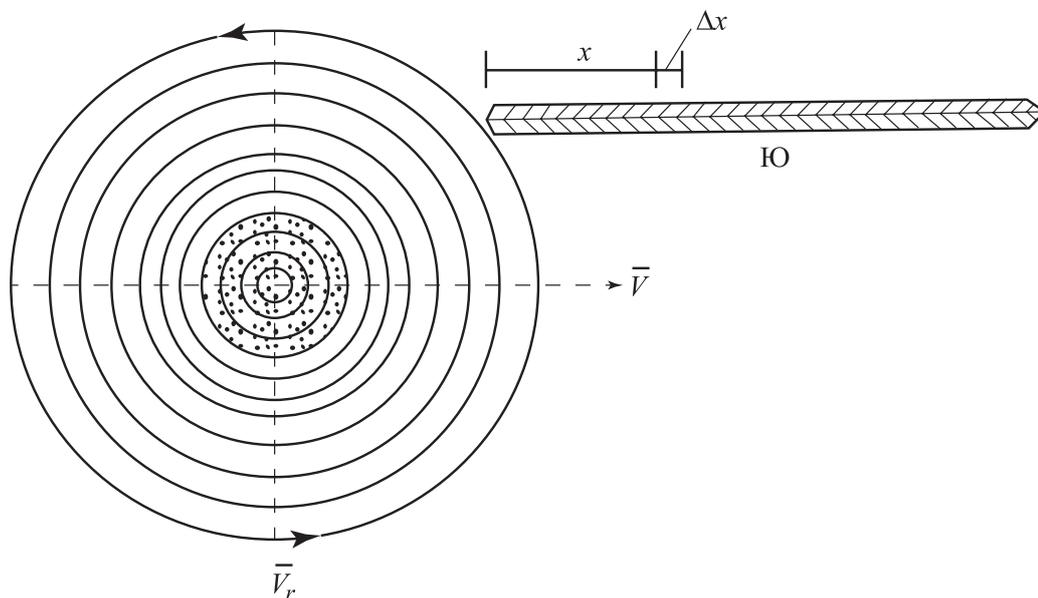


Рис. 2. Взаимодействие циклона с Главным Кавказским хребтом при погодных условиях S_{5-1} (линия хребта отмечена символом «Ю»)

Представим поступательное движение циклона вдоль Хребта вектором скорости

$$\bar{V} = (V_x, V_y) = (V_x, 0),$$

а вращательное движение вокруг центра циклона вектором \bar{V}_r , направление которого определяется касательной к окружности, по которой движется наблюдаемая точка. Известно: величина

$$|\bar{V}_r| = \omega \cdot r,$$

где r — радиус окружности, ω — угловая скорость вращения циклона. Центр циклона движется южнее Хребта и на значительном расстоянии от него (см. рис. 2).

Процесс взаимодействия циклона с Хребтом можно исследовать, выделив на линии Хребта небольшой участок Δx , расположенный на расстоянии x от начала Хребта. Для определенности примем $x = 0$. В этом случае наблюдается начало взаимодействия циклона

с Хребтом на участке Δx . Набегающий на участок Δx элемент циклона движется со скоростью:

$$\bar{U} = \bar{V} + \bar{V}_r = (V_x + V_{rx}, V_{ry}) = (U_x, U_y).$$

Оценим участие составляющих V_{rx} и V_{ry} в формировании относительной скорости \bar{U} при погодных условиях S_{5-1} .

Составляющая скорости V_{rx} .

1. В течение всего времени контакта участка Δx с циклоном имеем $V_{rx} < 0$.

2. В начальный момент времени (примем $t = 0$) контакта участка Δx с циклоном имеем $|V_{rx}| = \alpha$. Легко заметить, что абсолютная величина скорости $|V_{rx}|$ растет до момента $t = T_1$ совпадения наблюдаемого участка Δx с линией вертикального диаметра циклона (на рисунке этот диаметр ориентирован с юга на север и отмечен вертикальной пунктирной линией) — первая половина контакта участка Δx с циклоном, причем $V_{rx} < 0$. От момента $t = T_1$ до момента $t = T_2 = 2T_1$ выхода

участка Δx из тела циклона абсолютная величина $|V_{rx}|$ убывает до величины α — вторая половина контакта участка Δx с телом циклона.

Составляющая скорости V_{ry} .

1. В начальный момент времени $t = 0$ контакта участка Δx с циклоном $|V_{ry}| = \beta$, причем $V_{ry} > 0$. Нетрудно заметить, что в момент $t = T_1$ относительная скорость V_{ry} элемента циклона по отношению к наблюдаемому участку Δx принимает значение $V_{ry} = 0$.

2. От момента $t = T_1$ до момента $t = T_2$ относительная скорость V_{ry} элемента циклона по отношению к наблюдаемому участку Δx принимает значения $V_{ry} < 0$. В момент выхода участка Δx из тела циклона абсолютная величина принимает значение $|V_{ry}| = \beta$.

Наблюдатель, расположившийся на участке Хребта Δx , будет фиксировать уменьшение скорости ветра

$$U_x = (V_x + V_{rx})$$

вдоль Хребта в течение первой половины погодных условий S_{5-1} и ее увеличение во второй половине.

Изменение направления и скорости ветра: в первой половине S_{5-1} ветер, побуждаемый циклоном на участке Хребта Δx , имеет направление с юга на север, скорость $U_y = V_{ry}$ уменьшается до нуля, а во второй половине ветер имеет направление с севера на юг, а величина скорости растет.

Если считать, что $\bar{V} = \text{const}$ (обычно так и бывает), то за время $\Delta t = T_2 = T$ воздействию циклона подвергается часть Хребта протяженностью $L_T = V \cdot T$. На участке Хребта протяженностью L_T взаимодействие Δx с элементом циклона одинаково.

Оценим процесс взаимодействия Δx с элементом циклона, побуждаемого составляющей скорости относительного движения U_x . Учитывая результаты

исследования погодных условий S_4 , отметим особенности условий S_{5-1} в сравнении с условиями S_4 :

– ветер значительно возрастает, к влажности воздуха и облачности местного происхождения добавляется влага и облачность тела циклона;

– интенсивность промывки грязного «покрывала» в районе наблюдения существенно возрастает (следы промывки на горном рельефе становятся более заметными).

Оценим процесс взаимодействия Δx с элементом циклона, побуждаемый составляющей скорости относительного движения $U_y = V_{ry}$. Учитывая особенности изменения скорости V_{ry} , целесообразно рассмотреть данный процесс отдельно на двух интервалах времени: $[0, T_1]$ — ветер с юга на север и $[T_1, T_2]$ — ветер с севера на юг.

Особенности исследуемого процесса на интервале времени $[0, T_1]$.

– Главный Кавказский хребет выталкивает теплые (южные) потоки влаги и облачность циклона на высоту, значительно превышающую высоту грязного «покрывала»; резко понижается температура атмосферы вокруг циклона, способствуя интенсивной конденсации влаги.

– Присутствие значительного количества ледников и снега на северных склонах Хребта под телом циклона еще более увеличивает конденсацию влаги.

– Конденсация влаги циклона порождает мощные облака, которые могут терять влагу и в виде дождя, и в виде снега.

Причина возникновения дождя: теплоемкость тела циклона из-за присутствия большого количества влаги настолько высока, что суммарного холода недостаточно для кристаллизации влаги.

Причина образования снега (и снежной крупы): теплоемкость тела циклона невысока и суммарного холода достаточно для кристаллизации влаги.

С дождем и снегом грязь оседает на склонах гор.

Особенности исследуемого процесса на интервале времени $[T_1, T_2]$.

– Главный Кавказский хребет выталкивает прохладные (северные) потоки влаги и облачность циклона на высоту, превышающую высоту грязного «покрывала» (как и в случае $[0, T_1]$), но южные склоны Хребта излучают много тепла, что способствует испарению принесенной циклоном влаги.

– Количество грязи, теряемой «покрывалом» над южными склонами Хребта, незначительно.

Итак, процессы загрязнения атмосферы при погодных условиях S_{5-1} определены.

Для анализа особенностей влияния погодных условий S_{5-2} воспользуемся рисунком 3.

Сравним результаты исследований погодных условий S_{5-2} и S_{5-1} :

1) циклоны, определяющие погодные условия S_{5-2} , несут в себе влаги больше, чем при S_{5-1} ;

2) общая теплоемкость циклона при S_{5-2} меньше, чем при S_{5-1} .

Сравнительные характеристики циклонов получены в результате многолетних наблюдений климатических особенностей Кавказа.

Расчеты процесса взаимодействия циклона с Хребтом и составляющих скорости \bar{V}_r и V_{rx} в рассматриваемом случае погоды S_{5-2} будут идентичны расчетам при S_{5-1} . Наблюдатель, расположившийся на участке Хребта Δx , будет фиксировать увеличение скорости ветра $U_x = (V_x + V_{rx})$ вдоль Хребта в течение первой половины погодных условий S_{5-2} и ее уменьшение во второй половине.

В первой половине погодных условий S_{5-2} ветер, побуждаемый циклоном на участке Хребта Δx , имеет направление с юга на север, скорость $U_y = V_{ry}$ уменьшается до нуля, а во второй половине ветер имеет направление с севера на юг, а величина скорости растет.

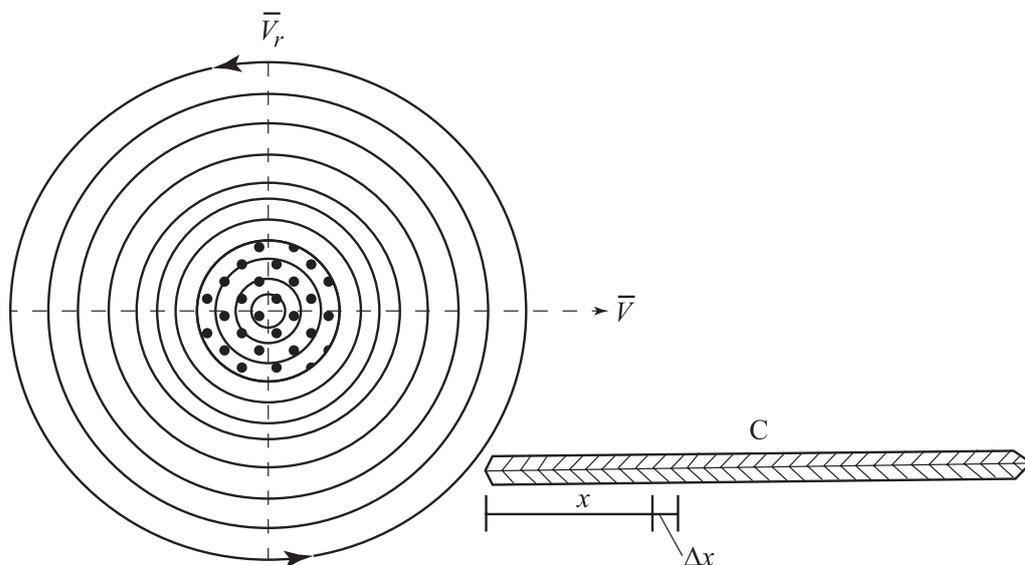


Рис. 3. Взаимодействие циклона с Главным Кавказским хребтом при погодных условиях S_{5-2} (линия хребта отмечена символом «С»)

Как и при S_{5-1} , на участке Хребта протяженностью L_T взаимодействие Δx с элементом циклона одинаково.

Процесс взаимодействия Δx с элементом циклона, побуждаемым составляющей скорости относительного движения U_x , в сравнении с условиями S_{5-1} имеет особенности:

- скорость воздушного потока, побуждаемого циклоном S_{5-2} , заметно выше;
- влажность воздуха циклона S_{5-2} выше, а температура ниже.

Оценим процесс взаимодействия Δx с элементом циклона, побуждаемым составляющей скорости относительного движения $U_y = V_{ry}$, в сравнении с результатами исследований при S_{5-1} , учитывая, что удельная плотность влаги элемента циклона в погодных условиях S_{5-2} больше, а удельная теплоемкость меньше.

Различия исследуемых процессов на интервале времени $[0, T_1]$.

– Элементы циклона в условиях S_{5-2} выталкиваются над Хребтом выше, чем в условиях S_{5-1} , так как их удельная плотность влаги больше.

– Процесс конденсации влаги элементов циклона в условиях S_{5-2} более

интенсивен, чем в условиях S_{5-1} , так как их удельная теплоемкость меньше.

– Тело циклона приносит больше дождя и снега в условиях S_{5-2} , чем в условиях S_{5-1} , следовательно, и промывка грязного «покрывала» атмосферы в условиях S_{5-2} существенно увеличивается.

Различия исследуемых процессов на интервале времени $[T_1, T_2]$.

– Элементы циклона в условиях S_{5-2} выталкиваются над Хребтом выше, чем в условиях S_{5-1} , так как их удельная плотность влаги больше.

– Процесс конденсации влаги элементов циклона в условиях S_{5-2} более интенсивен, чем в условиях S_{5-1} , так как их удельная теплоемкость меньше.

– В условиях S_{5-2} циклон порождает дождь и снег над южными склонами Главного Кавказского хребта чаще и обильнее, чем в условиях S_{5-1} , следовательно, и промывка грязного «покрывала» атмосферы существенно увеличивается.

Воздействие погодных условий S_6 . Для анализа особенностей влияния погодных условий S_6 на грязное «покрывало» атмосферы Земли воспользуемся рисунком 4.

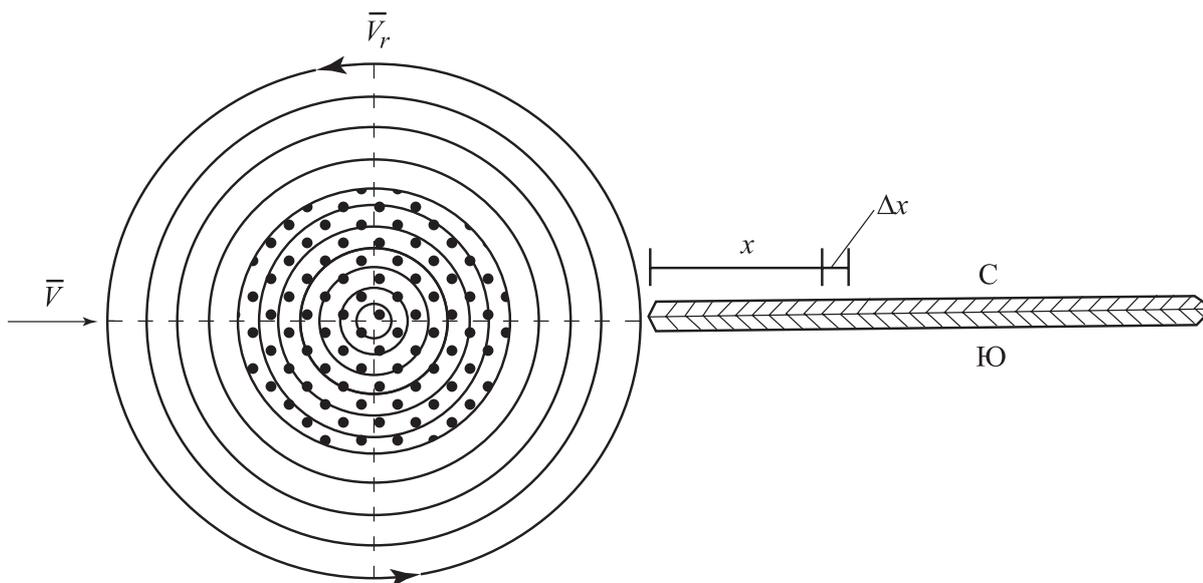


Рис. 4. Взаимодействие циклона с Главным Кавказским хребтом при погодных условиях S_6

Прежде всего отметим существенные особенности самого циклона при погодных условиях S_6 . С запада на восток циклон проходит над поверхностью теплого Черного моря. Вращающееся тело циклона *всасывает* с поверхности моря *огромные массы влаги*. Так как диаметр циклона значительно превосходит поперечные размеры моря, то одновременно циклон *пополняется теплом его знойных побережий*.

Насытившись влагой и теплом, циклон S_6 приближается к горной стране Кавказ с ее могучим Главным хребтом.

Выделим самые существенные особенности исследования погодных условий S_6 в сравнении с условиями S_5 .

1. Циклоны, определяющие погодные условия S_6 , приносят влаги и тепла больше (в сотни, даже в тысячи раз), чем при S_5 .

2. Первая особенность определяет высокую инерционность механических и тепловых процессов, побуждаемых при взаимодействии тела циклона с массивом Главного Кавказского хребта. Хребт выталкивает тело циклона на 500 ÷ 2000 м выше, чем при S_5 (инерция массы). Значительное понижение температуры окружающей среды ускоряет процесс конденсации влаги, что замедляет ее кристаллизацию, т. е. образование снега и крупы (инерция тепловых процессов). Дождей выпадает значительно больше, а снега меньше, чем при S_5 .

3. В условиях S_6 имеем $V_{rx} = 0$ в течение всего времени контакта тела циклона с массивом Хребта — в условиях S_5 наблюдались и ситуации $V_{rx} < 0$, и ситуации $V_{rx} > 0$.

При исследовании процессов, сопровождающих взаимодействие элементов тела циклона с участками Хребта в условиях S_5 , была определена величина $L_T = V \cdot T$ — протяженность Хребта,

подвергающаяся воздействию циклона за один оборот тела циклона вокруг его центра. Отмечалось, что на протяженности L_T взаимодействие участков Δx с элементами циклона одинаково. Однако величина L_T не может быть названа периодом процесса взаимодействия Хребта с телом циклона. Так как за первый оборот циклон теряет значительное количество влаги и тепла, в течение второго оборота (на следующем участке длиной L_T) количество потерь уменьшается. Это значит: процессы, протекающие при погодных условиях S_6 и S_5 , будут наиболее интенсивны (выразительны) на западном участке Главного Кавказского хребта протяженностью L_T .

Поясним, что данный участок, простирающийся от самой западной точки Хребта вдоль него на восток, — это район Приэльбрусья. Следовательно, понятна особая роль Приэльбрусья — быть «Окном» в экосистему Земли, выразительно показывать экологические проблемы нашей планеты.

Сравнение погодных условий $S_1 \div S_6$ по степени воздействия на Природу Кавказа. Отметим, что погодные условия S_5 и S_6 , в которых участвуют циклоны, более всего способствующие воздействию загрязнения атмосферы на окружающую среду Кавказа, — не единственные факторы ее разрушения.

Сравним следы разрушения при погодных условиях S_1 и S_6 .

Погодные условия S_1 .

1. *По отношению к грязному «покрывалу».* Погодные условия S_1 сохраняются несколько дней, поэтому суммарный эффект поглощения грязи в процессе молекулярного взаимодействия «покрывала» с рельефом гор будет вполне существенным.

2. *По отношению к рельефу.* Поскольку следы грязи в массе снега многослойные, длительная солнечная погода S_1

приводит к их увеличению на единицу площади поверхности снежного склона. Поглощение солнечного тепла возрастает — возрастает интенсивность таяния снега.

Погодные условия S_6 .

1. По отношению к грязному «покрывалу». Легко заметить следы промывки грязного «покрывала» в виде коричневых пятен и ручейков на снежных и ледовых склонах и скалах.

2. По отношению к рельефу. Погодные условия S_6 практически не влияют на многослойные следы грязи в снежном покрове, поскольку их воздействие кратковременно и успевает распространиться лишь на два-три поверхностных слоя.

Вывод: погодные условия с участием циклонов оставляют выразительные грязевые следы на рельефе гор. Расположение циклонов значительно выше грязевого «покрывала» создает возможность промывки этого слоя атмосферы. Продукты промывок грязного «покрывала», обладая запахом и цветом, не свойственным Природе гор, способствуют заметному угнетению растений.

Заметим, особое внимание к циклонам возникло при появлении беспокойства о возможности загрязнения гор постоянно присутствующим в атмосфере грязным «покрывалом». Убедившись в реальности их активной роли в разрушении Природы Земли и познакомившись с продуктами загрязнения

горного рельефа, мы разработали План проведения ближайших экологических экспедиций:

— собрать достаточное количество проб продуктов загрязнения для доказательства причины их наличия — это технологическая (и иная) деятельность человечества;

— оценить разрушительное влияние продуктов загрязнения на растительность и животный мир Приэльбрусья. Природа этого горного района страдает от грязевого атмосферного «покрывала» в наибольшей степени по сравнению с другими регионами.

Результаты названных экспедиций будут представлены автором в последующих статьях с целью призвать человечество как можно скорее увидеть и почувствовать приближение Глобальной экологической катастрофы.

Литература

1. Литвинов А. И. Приэльбрусье — «Окно» в экосистему Земли. Экологические проблемы // Экономические и социально-гуманитарные исследования. 2015. № 4 (8). С. 47—56.
2. Карта Приэльбрусья: с гостиницами и отелями // Приэльбрусье: горнолыжный курорт = Ski Resort [Электронный ресурс] / Гостиницы в Приэльбрусье и отели в Приэльбрусье. Соп. 2015. URL: <http://prielbrusie-ski.ru/map/> (дата обращения: 20.10.2015).

Литвинов Александр Иванович — кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики № 2 (ВМ-2) МИЭТ.
E-mail: tahalus@rambler.ru