

Н. Н. Кузнецов-Угамский

ГРАДИЕНТНЫЕ НИСХОДЯЩИЕ ВЕТРЫ И НЕКОТОРЫЕ  
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ ПРОЯВЛЕНИЙ

(Предварительное сообщение)

Настоящая статья представляет собой краткое извлечение из результативной части исследования нисходящих ветров Кавказского заповедника. Это исследование—один из первых шагов в системе работ, преследующих цель проанализировать неорганические факторы экологической среды заповедника, в связи с общими его задачами по научному обоснованию охраны и развития естественных ресурсов.

Изучение материалов, относящихся к территории Кавказского заповедника, поставило ряд вопросов, которые потребовали ознакомления с соответствующей международной литературой. В итоге выяснилось, что если нисходящие ветры, как метеорологический феномен, в основном истолкованы правильно, то в качестве географического явления, отражающего в себе закономерности взаимодействия атмосферы с подстилающей поверхностью, они освещены крайне недостаточно. Эмпирически воспринимаемые признаки их до сих пор не обобщены географически даже в том виде, как это позволяет сделать наличные материалы. Между тем, едва ли можно сомневаться, что путь географического синтеза будет весьма плодотворным в объяснении природной обусловленности этих явлений и позволит перекинуть крепкий мост между динамикой неживой природы и жизнедеятельностью животных и растений, а через это подойти к разрешению основного вопроса о путях и методах овладения силами природы.

Наиболее известными типами нисходящих градиентных ветров являются фен (теплый и сухой ветер) и бора (холодный и сухой ветер). Однако, тот и другой—лишь наиболее отчетливо выраженные, а потому и получившие особые названия явления этого рода. В действительности эти явления весьма многообразны. Требуется, с одной стороны, отчетливая классификация,

учитывающая и генетические, и морфологические особенности каждого своеобразного явления, а с другой—ясное представление о единстве генетической сущности явлений, признаки которых могут отличаться в зависимости от места (широты, условия рельефа и проч.) и времени (сезоны года, часы суток).

Основные типы нисходящих  
ветров

На рис. 1—3 показаны характерные особенности основных типов нисходящих ветров.

А. Нисходящие ветры в системе более или менее сильных неперриодических горизонтальных, т. е. текущих вдоль земной поверхности, воздушных потоков (рис. 1). Сюда относятся ти-

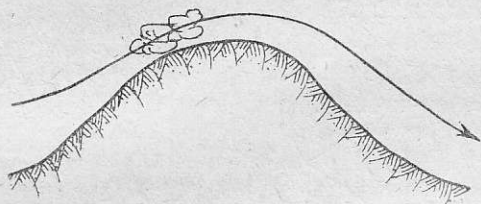


Рис. 1.

пичные альпийские фены, фены с осадками на северном склоне западного Кавказа, бора, американский чинук и другие. Все они развиты на подветренном склоне. Области водораздела и наветренного склона отличаются в это время более или менее ненастной погодой, с большой облачностью, низкими температурами и осадками.

Поскольку воздушный поток направляется в сторону минимума атмосферного давления, эти нисходящие ветры можно называть градиентными, имея в виду градиент атмосферного давления, стимулирующий воздушный поток.

Б. Нисходящие ветры, развивающиеся при опускании воздушных масс из свободной атмосферы в области повышенного давления.

Вместо горизонтального потока, мы имеем здесь преобладание вертикального движения воздуха сверху вниз (рис. 2).

Такие ветры развиты одновременно на противоположных склонах гор. Они несут потепление и иссушение и долинам, и водоразделам, причем иссушение сильнее всего выражено в области водораздела.

Сила ветра в типичных случаях невелика, суточная же периодичность выражена более отчетливо, чем у ветров первого типа. Характерно, что моменты наибольшего иссушения во времени не совпадают: в долинах они приходятся на середину дня, а в области водораздела, как правило, на ночную половину суток. При этом абсолютная и относительная влажность сильнее падает на водоразделе, чем в долинах.

Все эти особенности связаны с ночным опусканием воздуха над всей областью гор и дневным более или менее бурным подъемом его над долинами под влиянием солнечного нагревания (конвекция).

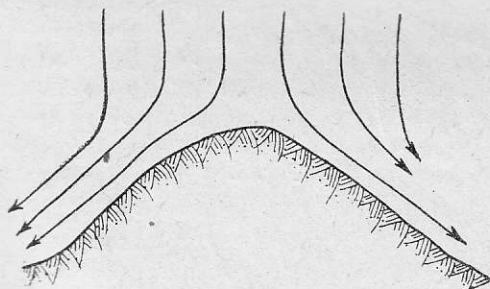


Рис. 2.

В. Нисходящие ветры в системе горно-долинных ветров, обладающих суточной периодичностью, чем они отличаются от первых двух типов, вызванных непериодическими явлениями в атмосфере. Дуют ночью. Днем развивается обратный поток—из долин вверх по склонам гор (рис. 3).

Ближайшая причина—дневное нагревание солнцем земной поверхности, а от нее и нижних слоев воздуха. В связи

с этим, ветры данного типа ярче всего выражены не в холодное, а в теплое время года.

Как ветры местные, сравнительно слабые и кратковременные, они уступают ветрам первых двух типов в от-

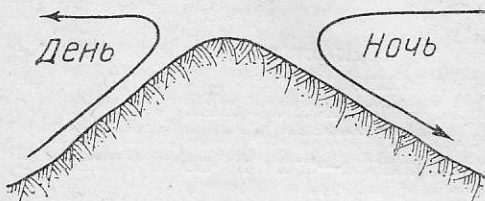


Рис. 3.

ношении степени иссушения воздуха. Этому способствует и преимущественная приуроченность их к летнему сезону.

В отличие от первых двух типов, причина возникновения этих ветров не в движениях обширных воздушных масс, а в неравномерном нагревании. Первые два типа—ветры динамически обусловленные, последний обусловлен термически.

### Взаимодействия основных типов нисходящих ветров

Трудно себе представить нисходящий ветер, который был бы вызван только градиентным потоком, только опусканием воздуха из свободной атмосферы или только местным круговоротом воздуха в системе горно-долинных ветров. Обычно различные процессы вступают в сочетания, и о принадлежности к тому или иному типу мы в каждом случае судим по преобладанию влияния того или иного процесса. Преобладание же определяется относительной интенсивностью. Если градиентный, горизонтальный поток силен, то вертикальная слагающая движения воздуха (опускание) отходит на второй план, а суточная периодичность нисходящего ветра выражена слабо. Наоборот, при слабости градиентного потока, более отчетливы проявления опускания воздуха, вызванного динамическими (тип В) причинами.

В случае одинакового направления ветры различных типов могут усили-

вать друг друга; при противоположных направлениях взаимно друг друга ослаблять.

### Интенсивность градиентных нисходящих ветров

Можно установить три степени интенсивности градиентных нисходящих ветров:

1. При малой интенсивности градиентного потока влияние местных условий (рельефа, дневного нагревания) проявляется особенно резко. Отсюда пониженная, в общем, скорость ветра, отчетливые ночные паузы, мощные облачные скопления над наветренным склоном, образующие «феновую стену» более или менее нормальных кучевых (кучеобразных) облаков. Часто в таких случаях фен может быть распознан лишь по общему направлению высоких облаков из-за наветренного склона.

2. При средней интенсивности градиентного потока скорость ветра больше, иногда она очень велика, ночные паузы менее отчетливы; «феновая стена» менее развита в высоту и более подвижна; от нее то и дело отрываются и уходят, тая в воздухе, на подветренную сторону неправильных очертаний хлопья разорванно-кучевых облаков. Потепление и иссушение воздуха в этом случае может быть весьма значительным.

Сюда относятся типичные альпийские фены, фены Динарских гор, чинук Северной Америки.

Изменения погоды могут быть весьма благоприятными для растительности и, следовательно, для хозяйства. Поэтому подобные ветры (в частности, чинук) приветствуются населением.

3. При большой интенсивности градиентного потока влияние местных условий (рельефа) и суточной изменчивости погоды отступает на задний план перед мощным вторжением воздушных масс извне. Особенно наглядно это проявляется в развитии облачных систем над водоразделом. «Феновой стены» в ее типичном виде не образуется. Облака слоисто-кучевого типа получают развитие преимущественно в горизонтальном направлении, формируется своеобразная, распластавшаяся

над горами облачная «лепешка», издали кажущаяся неподвижной, но при более внимательном наблюдении все время меняющая свои очертания. Это облака, которые возникают в переваливающем через горы воздухе и тают, как только данная масса воздуха начинает опускаться вдоль подветренного склона.

В тех случаях, когда высота подъема воздуха вдоль наветренного склона невелика, сплошных облачных масс этого типа не образуется; вместо них над выдающимися точками рельефа можно наблюдать незначительные «флагообразные», «чечевицеобразные», как бы приплюснутые и весьма подвижные облака в струях быстро проходящего воздуха.

В некоторых случаях (об этом ниже) нисходящий поток фенового типа может сопровождаться более или менее обильными осадками.

Сюда относятся: новороссийская и адриатическая бора, буам (или улан) на Исык-куле, наиболее интенсивные фены на северном склоне западного Кавказа.

Изменения, вносимые в обычный ход погоды нисходящими ветрами большой интенсивности, настолько резки, что живая природа начинает от них страдать, а огромная сила ветра наносит большой урон хозяйству (например, разрушительное влияние боры в Новороссийске).

Поэтому население в местах наибольшей интенсивности этих ветров (Динарские горы) ожидает их с опасением.

### Одновременность градиентного нисходящего ветра (фена) и осадков

Поскольку нисходящие потоки воздуха по мере их опускания становятся теплее и суше, одновременность их с осадками, казалось бы, противоречит теории и должна быть отвергнута. Однако, никакого противоречия здесь нет. Явление становится вполне понятным, если учесть, что развивается оно на фоне взаимодействия различных по своим физическим свойствам воздушных масс.

В теплом секторе циклона теплый



воздух надвигается на уходящий в сторону более холодный воздух, занимавший ранее данный район. Их разграничивает наклонная в сторону, противоположную движению теплого воздуха, плоскость раздела. В таком случае, конденсация водяных паров в воздухе происходит и при подъеме его вдоль склонов гор на их наветренной стороне, и при подъеме его вдоль плоскости раздела на подветренной стороне гор.

В результате, внизу на подветренной стороне развивается нисходящий поток с понижением относительной влажности и потеплением, а сверху падает дождь, при большой интенсивности процесса весьма обильный.

### Причины градиентных нисходящих ветров

Причину возникновения градиентных нисходящих ветров одни авторы (Ганн) видят в барометрическом максимуме с наветренной стороны гор, другие считают наиболее важным влияние барометрического минимума с подветренной стороны, вызывающего активный отток воздуха, что, в свою очередь, стимулирует возникновение замещающего потока из-за гор, с наветренной стороны (Бильвиллер, Фиккер). Третьи, наконец, склонны на первый план выдвигать явления, развивающиеся в области водораздела и видеть главную причину фена (соответственно бора и др.) в возникновении под влиянием градиентного потока вихрей с горизонтальной осью (Вильд, Штрейфф-Беккер, Шоу).

Ни одна из этих точек зрения не объясняет явления полностью. Для его типичного развития требуются надлежащие условия и на наветренной стороне, и в области водораздела, и на подветренной стороне гор.

Говоря в более общей форме, градиентный нисходящий ветер представляет собой не только метеорологический феномен, но и географическое явление, признаки которого определяются условиями взаимодействия воздушных масс с подстилающей поверхностью.

Отсюда разнообразие их географических (зональных), местных и сезонных особенностей.

### Географическая зональность градиентных нисходящих ветров

Проявления градиентных нисходящих ветров в тропических и полярных странах резко различны; страны умеренного пояса занимают в этом отношении промежуточное положение.

Различия заключаются в том, что по мере удаления от экватора в сторону полюсов увеличиваются обусловленные этими ветрами температурные контрасты и колебания влажности воздуха. Наблюдения К. Браака на островах Нидерландской Индии (Суматра) показывают, что влажность воздуха редко падает ниже 45% и в исключительных случаях снижается до 27—37%, температурные же изменения, в зависимости от времени суток, могут быть даже отрицательными.

Ближайшая причина этого—конвекция, наиболее сильно развитая в экваториальных странах и обуславливающая перемешивание масс воздуха на значительную высоту по вертикали.

В Северной Америке на север до нижней части долины Мэкэнзи (Кэндрию, Уорд и др.), в Гренландии (Воейков и др.) повышение температуры может выражаться десятками градусов в течение часа (в исключительных случаях 40° за 15 минут), что, в случае повышения температуры выше нуля, может вызвать быстрое изменение облика ландшафта, в связи с исчезновением снегового покрова и началом вегетации растений.

Соответственно этому, весьма резко меняется влажность воздуха.

Причина заключается не только в ослаблении в высоких широтах конвективного перемешивания воздушных масс, но и в развитии в зимнее время в пониженных элементах рельефа, в частности, на изменностях, температурной инверсии, которую разрушает мощный нисходящий поток, усиливая связанные с ним температурные контрасты.

В умеренных широтах (Альпы, Кавказ и др.) градиентные нисходящие ветры, как правило, менее резки, чем в полярных странах, но более резки, чем в тропиках, что зависит, с одной стороны, от более слабой, нежели в

тропиках, конвекции, а, с другой—от развивающейся временами температурной инверсии.

### Сезонность градиентных нисходящих ветров

Существует мнение, что фены Альп и Кавказа более свойственны холодному времени года. Объясняется это тем, что феном называют нисходящие потоки воздуха, обладающие признаками, которые в наиболее типичной форме могут проявиться в холодном сезоне. Благодаря этому, вопреки генетическому сходству нисходящих ветров, обусловленных градиентными воздушными потоками, фены оказались выделенными, как нечто совершенно особенное и своеобразное. Правда, некоторые авторы (Конрад, Кладо и др.) совершенно отчетливо говорят о том, что фен и бора генетически тождественны, вплоть до того, что один и тот же воздушный поток в области водораздела может представлять собой бору, а спускаясь затем вглубь долин превращается в типичный фен. Но представление о процессе, который может себя проявлять по-разному в зависимости от условий места и времени, еще не выкристаллизовалось.

Между тем, исходя из общих законов динамики атмосферы, мы можем говорить о сезонных и местных гологах фенов, объединяя все их под названием градиентных нисходящих ветров и отличая их от аналогичных по проявлениям (температура и влажность воздуха) нисходящих ветров в области антициклона (тип II).

Сезонность градиентных нисходящих ветров наиболее отчетлива в умеренных широтах, где зимой они в большей или меньшей степени приближаются к полярному типу (связь с ослабленной конвекцией и образованием инверсии), а летом — к типу тропическому (связь с усиленной конвекцией и отсутствием достаточно мощных приземных инверсий).

Сезонность градиентных нисходящих ветров вполне отчетливо выражена и в Кавказском заповеднике. Можно различать 4 типа в соответствии с временами года:

1) зимний, выраженный резко, но лишь в случаях большой интенсивности оказывающий значительное влияние на ландшафт, так как при общем пониженном уровне температур они далеко не всегда переходят через нуль и вызывают таяние снегов со всеми сопутствующими явлениями;

2) весенний, выраженный, пожалуй, еще резче и гораздо сильнее зимнего влияющий на органическую жизнь, так как он обычно сопровождается резким подъемом температуры, бурным таянием снегов, порою сильными паводками. В периоды фена быстрое потепление вызывает усиленную конвекцию, испарение же с охлажденной после зимы поверхности замедлено; отсюда эпизодические обострения сухости воздуха;

3) летний, когда колебания температуры и влажности сглажены, влажность воздуха не падает особенно низко, температура же с приходом фена может даже несколько понижаться;

4) осенний, в период перехода от лета к зиме, когда резкость колебаний температуры и влажности, по сравнению с летом, возрастает.

Эти четыре типа не связаны строго с календарными сезонами, и в зависимости от условий года их наступление может быть и более ранним, и запоздалым.

### Суточная периодичность градиентных нисходящих ветров

Здесь нужно различать, во-первых, нарушение градиентным нисходящим ветром обычного суточного хода метеорологических явлений (в частности, температуры и влажности), а кроме того, подверженность этого ветра влиянию местных условий, благодаря чему в его проявлениях, хотя и в смягченной форме, чувствуется суточная периодичность.

Нарушение градиентным нисходящим ветром обычного суточного хода возможно, с одной стороны, при его достаточной интенсивности, а с другой—при длительности.

Если интенсивность мала, суточная периодичность более отчетлива. Если ветер кратковременен (часы или доли



часа), то кривая температуры дает более или менее резкий скачек вверх, а влажность падает.

Под влиянием местных условий фены в Альпах ночью или ослабевают, или даже прекращаются, возобновляясь по утрам. Поэтому там говорят о ночных «феновых паузах».

На Кавказе феновые паузы также наблюдаются, но лишь при небольшой интенсивности градиентного потока. Чем больше интенсивность последнего, тем слабее суточная периодичность.

### **Непериодические пульсации градиентных нисходящих ветров**

Мощные нисходящие потоки воздуха, которые иногда, по аналогии с сходными потоками воды, называют ветропадами, отличаются чрезвычайной изменчивостью силы ветра. Порывы, со скоростью 20—40 м/сек. (70—140 км/час) чередуются с моментами затишья, или даже штилем, при отсутствии какой-либо правильности в этом отношении. Иногда друг друга, также без правильной последовательности, сменяют струи то холодного, то теплого воздуха.

Происходит это прежде всего вследствие опускания нисходящего потока воздуха на сильно пересеченный рельеф, что и вызывает образование вихрей с горизонтальной и вертикальной осями, столкновение и взаимодействие струй, обладающих неодинаковыми физическими свойствами.

### **Местные особенности нисходящих градиентных ветров**

В данном случае нас интересуют те из особенностей этих ветров, которые вызваны особенностями рельефа и состояния самого воздуха. В основном эти закономерности таковы.

а) Чем выше горный хребет, с которого спускается нисходящий ветер, тем резче должны быть выражены типичные признаки фена: высокая температура и большая сухость.

б) Чем больше высота гор и чем выше начальная (перед подъемом на наветренном склоне) влажность воздуха, тем сильнее контраст между наветренным и подветренным склонами при фене.

в) Чем выше орографическое препятствие, тем больше влаги задерживается на наветренных склонах.

г) Чем ниже начальная температура (перед подъемом), тем сильнее эффект фенового иссушения; отсюда большая характерность типичных фенов для холодного сезона.

д) Чем выше начальная влажность, тем сильнее потепление на подветренном склоне.

### **Градиентные нисходящие ветры, как фактор влагооборота**

Сухость и более или менее значительная скорость нисходящих ветров должны стимулировать испарение и перенос ветром водяных паров.

В тех случаях, когда запасы легко подвергающейся испарению влаги ограничены, нисходящий ветер может превращаться в суховей. При наличии достаточных запасов легко испаряющейся влаги нисходящий ветер может унести за пределы данной территории большие количества влаги.

Для северного склона Кавказского хребта это дает основание говорить о трансгрессивном влиянии гор на увлажнение равнин северного Предкавказья. Это особенно характерно для нисходящих сопровождаемых осадками ветров большой интенсивности, типичных для долины Белой. При этом, особенно важную роль играют леса, которые, во-первых, способны задерживать своими кронами значительные количества влаги, а, кроме того, обладая большой «вертикальной проекцией», легко отдают эту влагу нисходящему ветру.

Эта сторона вопроса подлежит еще количественному уточнению, реальность же ее вообще не подлежит сомнению.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Врангель Ф.—Новороссийская бора, 1876. \* 2. Каретникова К. А.—Синоптические условия гармсилей.—Соц. наука и техника, Ташкент, 1937. \* 3. Коростелев Н. А.—Новороссийская бора. Изд. Ак. Наук. 1904. \* 4. Фигуровский И. В.—Опыт изучения климатов Кавказа, 1912. \* 5. Берг Л. С.—Основы климатологии, 1927, 1938. \* 6. Хромов С. П.—Введение в синопт. анализ, 1937. \* 7. Bilwiler, R.—Über verschiedene Entstehungsarten und Erscheinungen des Föhns. Met. Zeitschr., 1899. \* 8. Braak, C.—The Climate of the Netherlands Indies, 1921—29. \* 9. Conrad, V.—Die klimatologische Elemente und ihre Abhängigkeit von terrestrischen Einflüssen. Köppen und Geiger, Handb. d. Klimatologie, 1936. \* 10. Ficker H.—Die Erforschung der Föhnerscheinungen in den Alpen.—Zeitschr. deutsch. und öst. Alpenvereins, 1912. \* 11. Hann, I.—Handbuch der Klimatologie, 1932. \* 12. Kendrew, W. G.—The Climates of the Continents, 1937. \* 13. Köppen, W.—Die Klimate der Erde, 1923. \* 14. Marakovic, M.—Studien über die Bora.—Zur Kunde der Balkanhalbinsel, 1913. \* 15. Martonne, de—Em.—Traité de géographie physique, 1934. \* 16. Seidl, F.—Dinarskogorski fën.—Geografski Vestnik, 1932—35. \* 17. Wagner, A.—Theorie und Beobachtungen der periodischen Gebirgswinde—Gerlands Beitr. zur Geophysik, 1938. \* 18. Ward, R. D.—The Climates of the United States, 1925. \* 19. Wenger, R.—Über die gegenwärtigen Stände der Föhntheorie.—Met. Zeitschr., 1916. \* 20. Wild, H.—Über den Föhn und Vorschlag zur Beschränkung seines Begriffs, 1901.