

# WHAT IS THE OBJECT OF ANTHROPOGENIC GEOMORPHOLOGY?

E.A. LIKHACHEVA

## Summary

Anthropogenic geomorphology rose in the 60<sup>th</sup> of XX century and come now to new level (stage) of development. Recent relief, anthropogenic-geomorphological systems (AGMS), their properties, organization and characteristics of functioning constitute its subject. We suggest to distinguish AGMS by the type of natural-anthropogenic organization, development of engineering connections and adaptive properties of anthropogenic (technogenic) and natural components: organically organized, constructively organized, engineering organized (or adapted), technogenic AGMS.

We propose also to term buried systems "archaeological" (or "artifactous"). In the conclusion the main regularities of "constructive organization" were formulated and determination of anthropogenic geomorphology was given: the discipline which investigates recent relief and anthropogenic-geomorphologic systems of different levels, their properties, organization, characteristics of functioning, and reveals the regularities of their formation in different natural conditions.

УДК 551.435.7→551.311.3

© 2012 г. А.Н. САЖИН, Ю.И. ВАСИЛЬЕВ, В.П. ЧИЧАГОВ, Г.А. ЛАРИОНОВ

## ЭОЛОВЫЙ МОРФОГЕНЕЗ И СОВРЕМЕННЫЙ КЛИМАТ ЕВРАЗИИ (СТ. 1. ДИНАМИКА АТМОСФЕРЫ, БЛОКИРУЮЩИЕ И ЭОЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ)<sup>1</sup>

### Введение

В современную эпоху эоловые процессы и формируемый ими рельеф широко распространены практически во всех природных зонах. Основы изучения эолового рельефообразования были заложены русскими исследователями Центральной Азии, начиная с Н.М. Пржевальского и кончая В.А. Обручевым, Н.А. Соколовым, П.А. Тутковским, Б.А. Федоровичем, Д.В. Наливкиным и др.

В предлагаемой статье рассматриваются современный климат и эоловый морфогенез большей, преимущественно засушливой части Евразии и особенно подробно вопросы динамики атмосферы, блокирующие процессы и современные эоловые процессы. Интенсивность и пространственная упорядоченность эоловых процессов определяются динамической нагрузкой воздушного потока на подстилающую поверхность, скоростью и повторяемостью ветров различных направлений, что связано с конкретной синоптической ситуацией и закономерностями общей циркуляции атмосферы.

### Динамика атмосферы и блокирующие процессы

Возникновение и географическое распространение эоловых морфодинамических процессов в аридном и семиаридном поясах Евразии связано с пространственным положением полярного фронта, разделяющего умеренный (полярный) и тропический воздух. Этот атмосферный фронт имеет в целом широтную ориентацию и располагается на границе между умеренным и субтропическим поясами в пределах от 30 до 50° с. ш. Фронт не представляет собой сплошную границу раздела между воздушными мас-

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 12-05-00054).

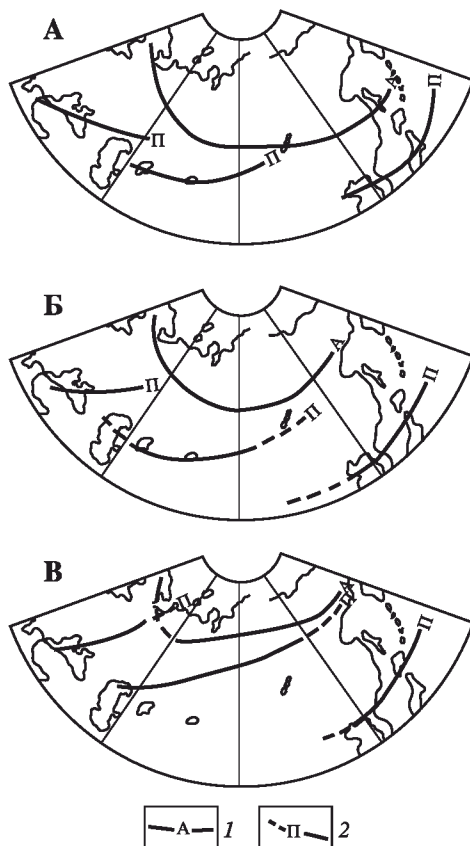
сами с разными свойствами, а распадается на отдельные ветви: восточно-европейскую, среднеазиатскую и восточно-азиатскую или монгольско-китайскую [1]. В весенний период – время наиболее активного проявления ветроэрозионных процессов, восточно-европейская ветвь ориентирована от Черного моря на Среднее и Нижнее Поволжье, среднеазиатская ветвь простирается от Каспийского моря на Аральское, Балхаш и далее до Байкала. Восточно-азиатская ветвь располагается заметно южнее в связи с выхолаживающим влиянием континента в позднелетнее время: от Великой Китайской равнины на северо-восток через Желтое и Японское моря, Японские и Курильские о-ва (рисунки).

Необходимо подчеркнуть, что отмеченное положение отдельных ветвей полярного фронта является обобщенным, среднемноголетним. В отдельные промежутки времени, особенно при погодно-климатических явлениях катастрофического характера, включая сильные пыльные бури, оно может существенно перемещаться. Например, во время пыльных бурь 6–8 апреля 2001 г. среднеазиатская ветвь полярного фронта сместилась от Северного Казахстана, через районы Арала и Балхаша на пустыню Такла-Макан, Средний и Южный Тибет.

Таким образом, широтный пояс, в пределах которого происходит активный фронтальный циклогенез и периодическое усиление скорости ветра, простирается в пределах субтропического и южной части умеренного пояса от Средиземноморья и Северной Африки через Малую Азию и Ближний Восток, аридную Среднюю и Центральную Азию до тихоокеанского побережья последней. Этот огромный регион является в настоящее время ареной проявления процессов эолового аридного рельефообразования, в пределах которого выделяются эоловые морфодинамические системы различного порядка или уровня [2–5].

Наиболее характерной формой крупномасштабных движений воздуха в атмосфере является зональный перенос воздушных масс, в частности, западный перенос в тропосфере умеренного пояса, связанный с широтным распределением температуры воздуха на Земле. Обычно циклоны и подвижные антициклоны, формируясь в центрах действия атмосферы и на волновых возмущениях атмосферного фронта, перемещаются с запада на восток вдоль главных атмосферных фронтов, арктического и полярного; при этом происходит быстрая смена погод различного типа с усилением скорости ветра на холодных фронтальных разделах, что сопровождается шквалами и пыльными бурями.

Однако время от времени в этих процессах происходят существенные нарушения, физическая природа которых до конца не понятна. Одним из таких нарушений является формирование блокирующего антициклона в атмосфере умеренных широт, нарушающего западный перенос воздушных масс. В результате основной зональный



Среднее географическое положение атмосферных фронтов в январе (А), апреле (Б) и июле (В). Атмосферные фронты: 1 – арктический, 2 – отдельные ветви полярного

поток разделяется на две ветви, северо-восточную и юго-восточную приблизительно равной интенсивности, зональный процесс сменяется меридиональным, что увеличивает температурные контрасты и способствует образованию циклонических вихрей на периферии этого антициклона [6].

Блокирующие процессы сопровождаются длительными аномалиями погоды на обширных территориях. Суровые зимы, длительные летние засухи, в частности, жесточайшая засуха (термическая катастрофа) 2010 г., охватившая Центральную Россию, Поволжье, Средний и Южный Урал, связаны с этим явлением. Они могут вызывать продолжительное и устойчивое усиление скорости ветра, сопровождающееся сильными пыльными бурями.

Наиболее разрушительные пыльные бури в южнорусских степях, включая Нижнее Поволжье и Предкавказье, бывают в конце зимы и в ранневесенний период, когда над юго-востоком Европейской территории России и Западным Казахстаном располагается обширный малоподвижный блокирующий антициклон, сохраняющий свое положение в иные годы до одного-полутора месяцев и южнее которого над Черным морем и Малой Азией формируется циклоническое образование. При таких процессах скорость восточного ветра достигает штормовой и ураганной силы (29–34 м/с и более), а энергия воздушного потока, воздействующего на подстилающую поверхность, возрастает во много раз, иногда на один-два порядка, как это было во время зимних пыльных бурь 1969 г.

Энергия ветра рассчитывалась как кинетическая энергия движущегося тела по методике, приведенной в работах Н.Ф. Глазовского и А.Н. Сажина [7, 8]. Разрушающая энергия воздушного потока  $E_p$ , активно воздействующая на подстилающую поверхность, будет соответствовать разности энергии  $E_i$  при заданной скорости  $v$  в определенном диапазоне и  $E_{кр}$  при критической скорости ( $v_{кр}$ ). Математическая зависимость для расчета энергии ветра, вызывающего развитие дефляции, после соответствующих преобразований примет вид:

$$E_p = \frac{\rho s t}{2} (v_i^3 - v_{кр}^3) = 0.625(v_i^3 - v_{кр}^3)t,$$

где  $\rho$  – плотность воздуха (1.25 кг/м<sup>3</sup>),  $s$  – поперечное сечение (м<sup>2</sup>), через которое переносится воздух за время  $t$  (с).

Наибольшей величины энергия ветра достигает на открытых пространствах Прикаспийской низменности и Ергенинской возвышенности, в зоне конвергенции воздушных потоков. В самый активный ветрозрозийонный период (апрель) она равна 179–640 млн Дж/м<sup>2</sup> (табл. 1).

Эти районы испытывают наиболее сильное динамическое воздействие воздушного потока, являются очагами возникновения пыльных бурь и характеризуются самой высокой их повторяемостью в течение года. На Ставропольской возвышенности и равнинах Западного Предкавказья, где возрастает общая расчлененность местности и, следовательно, увеличивается шероховатость подстилающей поверхности, энергия воздушного потока уменьшается до 57–122 млн Дж/м<sup>2</sup>. В мае и июне, по сравнению с апрелем, энергия воздушного потока также снижается, так как с наступлением лета контрасты температуры уменьшаются, барическое поле размывается, скорости ветра становятся меньше.

При процессах блокирования динамическая нагрузка на подстилающую поверхность существенно возрастает – до 1.5–3 млрд Дж/м<sup>2</sup>, т. е. в десятки и даже в сотню раз, как, например, в районе Армавира и Тихорецка в феврале 1969 г. (табл. 1). При таком воздействии на подстилающую поверхность ее разрушение принимает характер катастрофы. Замерзшая почва на площади во многие сотни тысяч гектаров выдувалась на глубину заделки семян, а на наветренных склонах выдувался весь пахотный горизонт. Посевы сельскохозяйственных культур в Ростовской области, Краснодарском и Ставропольском краях были уничтожены на площади до 1.5 млн га [9].

**Энергия воздушного потока (млн. Дж/м<sup>2</sup>·мес) в период наиболее активного возникновения пыльных бурь (климатическая норма) и при блокировании (февраль, 1969 г.)**

Метеостанция	Среднемноголетние данные			При сильных пыльных бурях, февраль 1969 г.
	апрель	май	июнь	
Эльтон	179	169	99	596
Котельниково	76	57	16	360
Заветное	338	304	112	1933
Гигант	122	58	11	1379
Утта	230	231	89	623
Элиста	640	515	259	1406
Тихорецк	109	68	19	2957
Армавир	98	35	22	3293
Арзгир	93	108	16	1436
Александровское	57	34	24	119
Среднее по региону	180	149	62	1348

О высоком дефляционном потенциале ветра в этом регионе, на Северном Кавказе, юго-востоке России и Украины отмечено в работе Г.А. Ларионова 1993 г. [10].

Интересен вопрос о причинах концентрации такой огромной энергии, причем каждый раз в одном и том же географическом районе и примерно в одно и то же время года. Сильные пыльные бури 1928, 1960, 1969, 1972 и 1984 гг. в европейских степях проходили при идентичной синоптической ситуации.

Необходимо отметить не менее трех условий, определяющих это необычное явление [11]. Во-первых, непосредственное термическое влияние подстилающей поверхности, в данном случае сравнительно теплого Черного моря во второй половине-конце зимы и охлажденной суши Русской равнины к северу от него, что усиливает и поддерживает контрасты давления.

Во-вторых, некоторую роль играет и орография. Кавказ и другие горы этого региона оказывают влияние на направление и скорость перемещения барических образований. Средиземноморские циклоны, подходя к Черному морю, вливаются в расположенную над ним барическую депрессию, что способствует дальнейшему понижению атмосферного давления и усилению его контрастов.

Третье, самое основное условие: географическое положение юго-востока ЕТР в целом, Нижнего Поволжья и Северного Кавказа в частности. Этот регион относится к атлантико-европейскому сектору огромной Евразии, в пределах которого наблюдается активное взаимодействие воздушных масс различного географического типа: арктического, полярного и тропического. Циклоны арктического фронта, перемещаясь на восток под действием западного переноса, в стадии развитого барического образования находятся над Скандинавией и Балтийским морем. Дальнейшее их перемещение на восток позволяет арктическому воздуху в виде целой серии холодных вторичных вторжений (в тылу циклонов) свободно перемещаться в юго-восточном направлении (антициклоны, перемещаясь на восток, приобретают южную составляющую), что способствует регенерации (усилению) блокирующего процесса.

По данным ранее выполненных исследований, из всех вторжений арктического воздуха в умеренные широты северного полушария, до 40% приходится на Среднее и Нижнее Поволжье [12]. Отмеченные условия и приводят к периодической концентрации в одном и том же регионе умеренного пояса Евразии огромных запасов энергии, которая затем рассеивается в виде очень сильных воздушных потоков, вызывающих пыльные бури.

## Современные эоловые процессы

Выдувание минерального вещества, его перемещение в пространстве и аккумуляция на подстилающей поверхности зависят от величины энергии, аккумулированной в барических системах, и генетически связаны с динамикой атмосферы, усилением или ослаблением скорости ветра при определенной синоптической ситуации и в регионах, определяемых географическим положением главных климатологических фронтов и образующихся на них циклонов. Однако непременное условие усиления скорости ветра до значительной величины – наличие блокирующего антициклона, образование которого связано как с термическими причинами, так и с особенностями циркуляции атмосферы. В этом случае на периферии барических образований в зоне конвергенции воздушных потоков образуются штормовые зоны, достигающие в поперечнике сотен километров и протяженности до 1.5–2 тыс. км в соответствии с размерами циклонов и антициклонов и в направлении которых происходит перенос минерального вещества.

На территории Евразии в современную эпоху выделяется не менее пяти ареалов активного распространения эоловых процессов, динамически тесно взаимосвязанных и предопределяемых географическим положением блокирующего Азиатского антициклона и зон сходимости потоков на его периферии: 1) степи Восточной Европы, 2) степи Западной Сибири и Северного Казахстана в умеренном поясе; 3) Восточно-Азиатский, 4) Центральноазиатский, 5) Среднеазиатский в субтропическом поясе. С меньшей интенсивностью эти процессы проявляются в Восточной Сибири и в Забайкалье.

Современная ветровая эрозия на распаханых сельскохозяйственных землях степной зоны Евразии с семиаридным климатом проявляется в различной форме: в виде пыльных бурь, поземок, пылевых шквалов, переноса мелкозема вместе со снегом в зимнее время.

Податливость почвы к дефляции, потенциальные потери мелкозема при ветроэрозионном процессе определяются обычно тремя–четырьмя структурно-динамическими показателями: эквивалентным диаметром почвенных отдельностей, содержанием агрегатов <1 мм, критической (пороговой) скоростью и эродируемостью. Эти показатели изменяются в очень широком интервале в зависимости от физико-химических свойств почвы, ее комковатости, что в значительной степени предопределяется общими природно-географическими условиями почвообразования (табл. 2).

Сравнение дефляционного потенциала двух регионов показывает, что структурно-динамические характеристики предрасположенности почв к выдуванию в степях Западно-Сибирской равнины заметно выше по сравнению с европейским регионом, что связано прежде всего с условиями почвообразования. Почвы Западной Сибири сформировались преимущественно на малосвязанных озерно-аллювиальных и аллювиальных отложениях, в том числе и древних ложбин стока, тогда как почвообразование в степях Восточно-Европейской равнины происходило на покровных лёссовидных суглинках и лёссах тяжелого гранулометрического состава. Содержание агрегатов дефляционноопасной фракции (<1 мм) в почвах Нижнего Поволжья и Северного Кавказа изменяется от 10.3 до 67.5%; в почвах Западной Сибири и Северного Казахстана – от 20.4 до 87.7%; критическая скорость – соответственно от 6.9 до 14.4 м/с и от 5.9 до 12.4 м/с; эродируемость – от 0.06 до 12.0 т/га и от 2.0 до 16.8 т/га в час и более (данные по некоторым почвенным разновидностям приведены в табл. 2).

В то же время вероятность возникновения пыльных бурь в степных районах Северного Кавказа и Нижнего Поволжья, Западной Сибири и Северного Казахстана примерно одинакова. По многолетним данным в степях Восточно-Европейской равнины ежегодно отмечается от 2 до 26 дней с пыльной бурей. Чаще всего пыльные бури бывают в Заволжье, на Черных землях Калмыкии, на восточных склонах Ставропольской возвышенности, на старопашотных землях Сальских степей и равнин низовий Дона (10–15 дней).

**Структурно-динамические показатели почвенного покрова степной  
зоны Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин**

Почва	Эквивалентный диаметр агрегатов, мм	Содержание агрегатов <1 мм, %	Критическая скорость, м/с	Эродированность почвы, т/га×ч
<b>Северный Кавказ и Нижнее Поволжье</b>				
Чернозем предкавказский				
слабокарбонатный тяжелосуглинистый,	8.9	37.0	8.8	0.3
среднекарбонатный тяжелосуглинистый	4.6	54.0	7.7	1.0
Чернозем южный				
глинистый и тяжелосуглинистый,	15.1	35.0	10.9	0.6
среднесуглинистый,	13.5	46.5	8.7	2.8
легкосуглинистый,	14.8	48.5	7.9	5.9
супесчаный	7.5	52.2	6.8	11.0
Каштановая				
тяжелосуглинистая,	16.7	33.0	11.1	0.1
легкосуглинистая,	11.4	47.3	8.0	1.3
супесчаная	9.9	60.1	7.3	5.1
Светло-каштановая				
солонцеватая тяжелосуглинистая,	17.6	30.0	16.9	0.2
тяжелосуглинистая	12.1	42.2	12.2	0.5
Солонцы столбчатые в комплексе с каштановыми почвами	39.4	3.3	14.4	0.3
<b>Западная Сибирь и Северный Казахстан</b>				
Чернозем выщелоченный среднесуглинистый	4.0	55.5	8.6	0.9
Чернозем обыкновенный				
тяжелосуглинистый,	5.0	39.4	8.9	2.0
легкосуглинистый	4.3	46.8	7.4	3.2
Чернозем южный				
тяжелосуглинистый,	5.8	48.3	7.7	2.0
среднесуглинистый,	4.0	54.5	7.6	3.0
легкосуглинистый,	3.8	56.6	7.4	5.7
супесчаный	2.0	75.6	5.9	12.7
Темно-каштановая				
среднесуглинистая,	5.9	47.2	8.1	4.6
легкосуглинистая	5.6	51.2	7.0	5.7
Каштановая супесчаная	2.1	75.4	6.7	18.3
Солонец столбчатый в комплексе с черноземами южными	9.9	20.4	12.4	0.4

В Западной Сибири и Северном Казахстане ежегодная повторяемость пыльных бурь примерно такая же, как и в европейских степях (1–34 дня). Возникновение пыльных бурь наиболее вероятно на легких по гранулометрическому составу каштановых почвах Кулундинской степи, на южных карбонатных черноземах равнин Прииртышья и Кокчетавской возвышенности, на обыкновенных черноземах Алейской степи. Здесь ежегодно отмечается 15–20 дней с пыльной бурей. Недочет местных климатических условий, ежегодная отвальная вспашка, повсеместное внедрение пропашной системы земледелия, монокультура яровой пшеницы привели к широкому распространению в Сибири и Казахстане в 60–70-е годы прошлого столетия эрозии и дефляции почв, в результате которых сформировался “эоловый почвенный комплекс”, представленный сильнодефлированными земельными массивами, формами эолового нанорельефа [13].

В режиме проявления пыльных бурь в том и другом районах выявляются существенные региональные особенности, обусловленные природно-климатическими различиями. Почвы азиатского ареала дефляции более податливы к выдуванию, т.к. сформировались на почвообразующих породах облегченного гранулометрического состава. Тем не менее, выдувание и разрушение почвенного покрова в европейских степях периодически бывает катастрофическим, что в целом не характерно для азиатского региона ветроэрозионных процессов. Определяющим климатическим условием интенсивности протекания этого процесса является скорость ветра и продолжительность его воздействия на подстилающую поверхность.

Как было отмечено выше, сильные пыльные бури в европейских степях образуются при блокирующих процессах. Географическое положение блокирующего антициклона в пределах внутриконтинентального сектора Евразии может существенно изменяться, его центр перемещается от Забайкалья до Средней Волги. Во время сильных зимних январско-февральских пыльных бурь 1969 г. в южнорусских степях антициклон располагался над Средним Поволжьем, Южным Уралом, Северо-Западным Казахстаном. Давление в центре антициклона достигало огромной величины – 1057 гПа; над Черным морем и Малой Азией в области циклонического образования давление было пониженным [14, 15]. При расположении областей высокого и низкого атмосферного давления в зоне сходимости воздушных потоков над Нижней Волгой, равнинами Дона и Предкавказья градиенты давления увеличиваются до 7–8 гПа/100 км (в обычных условиях 1–2 гПа) и скорость ветра достигает штормовой и ураганной силы. Динамическое воздействие воздушного потока на поверхность почвы увеличивается на один–два порядка, и она разрушается. Протяженность зоны, захваченной сильным восточным потоком и протянувшейся от Прикаспийского региона до центральных районов Украины, составляет не менее 2 тыс. км при ширине 500–700 км.

В степной зоне Западной Сибири и Северного Казахстана синоптические условия, усиление скорости ветра при которых приводит к образованию сильных пыльных бурь, также формируются при участии антициклона. В этом регионе наблюдаются преимущественно поздневесенние и раннелетние пыльные бури. Весной над югом Западной Сибири и Северным Казахстаном влияние западного гребня азиатского антициклона ослабевает, что приводит к усилению циклонической деятельности на полярном фронте. Образующиеся циклоны проходят несколько западнее и севернее антициклона. Пыльные бури возникают при сближении этих барических областей и образовании штормовой зоны с ветрами западной четверти горизонта в широтной зоне от 50 до 55° с. ш., тогда как в европейских степях подобная зона располагается на 5–7° по широте южнее, а направление ветра при пыльных бурях бывает восточным.

В азиатском регионе погодные условия, близкие по энергетическому потенциалу европейским, сохраняются не более нескольких суток, так как обуславливающие их барические образования быстро смещаются в пространстве (фронтальные процессы), энергия воздушного потока при этом рассеивается и превышает климатический показатель только в 2–3 раза (150–750 млн. Дж/м<sup>2</sup>·мес. против нормы в 100–200 млн. Дж/м<sup>2</sup>). Поэтому разрушение почвенного покрова на значительной площади в азиатских степях наблюдается гораздо реже, но, тем не менее, время от времени это происходит.

В период 14–16 мая 1969 г. очень сильная пыльная буря охватила значительную территорию юго-востока Западной Сибири. Большие градиенты давления обусловили усиление скорости ветра до 15–27 м/с. Продолжительность пыльных бурь в отдельных районах изменялась от 3 до 14 ч, видимость снижалась до 500 м, на многих тысячах гектаров в Алтайском крае поля были занесены мелкоземом, повреждены посевы и всходы сельскохозяйственных культур.

Обобщенные данные о современной эоловой морфодинамике в аридном поясе Азии приведены в работах В.П. Чичагова [3–5]. Их автор разрабатывает концепцию о формировании в аридной Азии морфодинамических систем, являющихся особым типом антропогенно-природных образований, и развивает представление о концеп-

трической зональности эоловых процессов в Центральной Азии, о специфическом растекании эоловых морфодинамических потоков из Высокой Азии и Монголии в восточном, юго-восточном и юго-западном направлении.

В.П. Чичагов выделяет морфодинамические системы пяти порядков, иерархически соподчиненных друг с другом и естественным образом увязывающих между собой фазы эолового экзодинамического процесса, зону выдувания или дефляции и зону эоловой аккумуляции, что свидетельствует о явно выраженной пространственной упорядоченности эоловых процессов в пределах огромного аридного афро-азиатского пояса – от пустынь Северной Африки и Аравии, Великих пустынь Центральной Азии, аридного рельефа Восточной Монголии до зоны эолово-аллювиального осадконакопления на окраине континента и донных отложений омывающих морей. Новым в его трудах является акцент на роль дефляционных процессов в формировании равнин Центральной Азии и введение представлений о дефляционной денудации [4].

В изучении современных эоловых процессов актуальными являются две проблемы: скорость эоловой планации и пространственная межгеосферная миграция вещества или направление перемещения минеральной взвеси при сильных пыльных бурях и ураганах, выпадение ее из двухфазного потока и аккумуляция на подстилающей поверхности.

Годовые потери почвы от выдувания можно определить разными методами: определением интенсивности процесса в натуральных условиях, на основе непосредственной продувки почвенных монолитов в аэродинамической трубе и по данным о структурном составе почвенной разности и климатических показателях ветроэрозионного процесса [10, 15].

Полученные данные свидетельствуют о том, что из степных провинций Нижнего Поволжья ежегодно выносятся от 2–3 до 20–22 т мелкозема с каждого гектара, почвы Северного Кавказа ежегодно теряют от 3–5 до 25–38 т, а почвы Западной Сибири от 7–10 до 40–60 т и более. Подобная активность современных экзодинамических процессов на распаханых степных почвах снижает естественное плодородие земель и вызывает общую деградацию природно-антропогенных ландшафтов степных экосистем. Продукты разрушения подстилающей поверхности степей включаются в глобальный процесс обмена вещества. Таким образом, современные распаханые степи наряду с аридными ландшафтами умеренного и тропического пояса являются активной ареной развевания.

Глобальные потоки и миграция минерального вещества на уровне межгеосферного обмена рассмотрены в целом ряде работ. По этим оценкам в период до антропогенного воздействия на литосферу ежегодный вынос пыли в атмосферу не превышал 0.05 т/га. В настоящее время по расчетам А.П. Лисицына только с суши в океан переносится около 2 млрд. т пыли в год или 0.13 т с каждого гектара [16]. Общее мировое продуцирование пыли, по разным оценкам достигает 0.34 т/га.

По другим оценкам, только в северную часть Тихого океана из аридного пояса Азии ежегодно поступает от 6 до 12 млрд. т пыли [3]. Если эту величину усреднить и принять за 9 млрд. т, а общая площадь территории в разной степени аридности и засушливости, составляет от 8 до 16 млн. км<sup>2</sup>, то с 1 га подстилающей поверхности ежегодно выносятся от 6 до 11 т минерального вещества. Это подтверждено экспериментальными данными, полученными, в том числе, и отечественными исследователями, при изучении ветроэрозионных процессов в степной зоне Евразии.

Вопрос о направлении перемещения минеральной взвеси при пыльных бурях не решается однозначно. Еще Н.М. Пржевальским было отмечено, что в Северном Тибете зимние пыльные бури перемещаются исключительно с запада и северо-запада, а в котловине оз. Кукунор направление сильного ветра может быть как восточным, так и западным. Более поздними исследованиями В.А. Обручева было уточнено представление о двух районах чрезвычайно сильных бурь, в Западной Гоби и Джунгарии, при восточных ветрах.

В целом, нашими предшественниками В.А. Обручевым, В.М. Синицыным, Б.А. Федоровичем, М.П. Петровым, Э.М. Мурзаевым и др. было установлено, что

формирование азиатского дефляционного пенеплена определяется растеканием эоловых литодинамических потоков из области Высокой Азии, из Монголии на юго-запад и восток.

Новейшими исследованиями была показана возможность дальнего переноса (в струйных течениях) тонких частиц на восточную окраину Азии не только из пустыни Гоби и Монголии, но и из Северной Африки и Центральной Аравии [4, 5]. Очевидно, что направление и расстояние, на которое переносится минеральное вещество при пыльных бурях и ураганах, зависят от типа и размеров барических образований, смещения их в пространстве и стационарирования при типичной для формирования сильных бурь синоптической ситуации.

Н.Ф. Глазовским было показано, что при расчете солевого баланса крупной территории необходимо учитывать положение ее в системе бассейнов атмосферной миграции [17]. Воздушные потоки вещества связывают разобщенные регионы в геохимические системы.

В соответствии с пространственным расположением барических образований, определяющих условия возникновения сильных и устойчивых ветров, можно установить экстенно-динамические зоны современного эолового морфогенеза и связанных с ними динамикой атмосферы сопряженных районов: 1) зону преобладания выдувания (зону дефляции), 2) зону транзитного переноса эолового материала, 3) зону аккумуляции взвеси при ослаблении несущей силы воздушного потока (эоловые морфодинамические системы по В.П. Чичагову).

Выдувание и подъем тонкого материала происходят в зоне сходимости воздушных потоков с резким увеличением скорости и турбулентности. А.Н. Сажин и Ю.А. Васильев показали, что в пределах семиаридного пояса Евразии, на юге Восточно-Европейской равнины, эта зона приходится на Западный Прикаспий, Нижнее Поволжье, равнины Восточного Предкавказья [15]. Транзитный перенос твердой взвеси вместе с подъемом ее с подстилающей поверхности и частичной аккумуляцией наиболее крупной фракции у различных преград происходит в пределах штормовой зоны шириной до 500–700 км, протянувшейся на 1.5–2 тыс. км от Прикаспия через равнины Центрального и Западного Предкавказья, Сальские степи, равнины Нижнего Дона и Восточной Украины примерно до меридиана 30° в. д. Снижение скорости ветра, уменьшение несущей силы воздушного потока и выпадение на подстилающую поверхность тонкодисперсных частиц приходится на зону расходимости, где преобладают процессы аккумуляции эолового материала. В пространстве эта зона соответствует южным и западным районам Украины, Прибалтике, северо-западным районам Европы. Например, во время зимних пыльных бурь 1969 г. отложение пыли наблюдалось на юге Украины, в Молдавии, Белоруссии, Швеции и других странах Центральной и Северо-Западной Европы.

Если обратиться к палеогеографическим условиям образования лёссовых отложений на юге Русской равнины, то, согласно эоловой гипотезе, в эпоху плейстоценовых оледенений можно считать, что в настоящее время происходит обратный процесс эоловой миграции вещества – из зоны формирования отложений лёсса (семиаридный пояс) в область зандровых равнин и центров оледенения (гумидный пояс).

Б.А. Ильичев и В.О. Таргульян допускают возможность эолового привноса силикатного материала в голоцене в зону дерново-подзолистых почв Русской равнины. Им показано избыточное накопление фракции физического песка в верхней 2-метровой толще почвенного профиля, сформировавшегося на Клинско-Дмитровской гряде [18].

В азиатском регионе активная зона выдувания более динамична и более растянута в пространстве, так как возникновение этого явления связано с фронтальными процессами. Выдувание и транзит пыли происходят преимущественно с подстилающей поверхности засушливых и сухих степей Ишим-Иртышского и Обь-Иртышского междуречий, а выпадение пыли приходится на лесные районы юго-восточной и центральной части Западной Сибири.

## Заключение

Широтный пояс активного фронтального циклогенеза и периодического усиления скорости ветра, простирается в пределах субтропического и южной части умеренного пояса от Средиземноморья и Северной Африки через Малую Азию и Ближний Восток, аридную Среднюю и Центральную Азию до тихоокеанского побережья Азии и является в настоящее время ареной проявления процессов эолового аридного рельефообразования, в пределах которого выделяются эоловые морфодинамические системы различного порядка.

Ареалы активного распространения эоловых процессов на территории Евразии в современную эпоху предопределяются географическим положением блокирующего Азиатского антициклона и зон сходимости потоков на его периферии. В умеренном поясе это степи Восточной Европы, Западной Сибири и Северного Казахстана. В субтропическом поясе – Восточно-, Центральнo- и Средне-Азиатский.

В соответствии с пространственным расположением барических образований, определяющих условия возникновения сильных и устойчивых ветров, устанавливаются три экзогенно-динамические зоны современного эолового морфогенеза и связанных с ними динамикой атмосферы сопряженных районов: 1) преобладания выдувания (зону дефляции), 2) транзитного переноса эолового материала, 3) аккумуляции взвеси при ослаблении несущей силы воздушного потока.

Выдувание и подъем тонкого материала происходит в зоне сходимости воздушных потоков с резким увеличением скорости и турбулентности. В пределах семиаридного пояса Евразии, на юге Восточно-Европейской равнины, эта зона приходится на Западный Прикаспий, Нижнее Поволжье, равнины Восточного Предкавказья [15]. Транзитный перенос твердой взвеси вместе с подъемом ее с подстилающей поверхности и частичной аккумуляцией наиболее крупной фракции у различных преград происходит в пределах штормовой зоны шириной до 500–700 км, протянувшейся на 1.5–2 тыс. км от Прикаспия через равнины Центрального и Западного Предкавказья, Сальские степи, равнины Нижнего Дона и Восточной Украины примерно до меридиана 30° в.д. Снижение скорости ветра, уменьшение несущей силы воздушного потока и выпадение на подстилающую поверхность тонкодисперсных частиц приходится на зону расходимости, где преобладают процессы аккумуляции эолового материала. В пространстве эта зона соответствует южным и западным районам Украины, Прибалтике, северо-западным районам Европы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полянская Е.А. Синоптические процессы и явления погоды в Нижнем Поволжье. Саратов: Изд-во Саратовск. ун-та, 1996. 209 с.
2. Чичагов В.П. Деструкция в эволюции равнинного рельефа Центральной и Восточной Азии: Автореф. дис. ... докт. геогр. наук. М.: ИГРАН, 1996. 40 с.
3. Чичагов В.П. Ураган 1980 года в Восточной Монголии и особенности эолового рельефообразования в Центральной и Восточной Азии. М.: ИГРАН, 1998. 205 с.
4. Чичагов В.П. Эоловый рельеф Восточной Монголии. М.: ИГРАН, 1999. 269 с.
5. Чичагов В.П. Аридные равнины Северо-Запада Африки. М.: ИГРАН, 2008. 171 с.
6. Шатовалова Н.С. Процессы блокирования зональной циркуляции атмосферы // Метеорология и гидрология. 1985. № 5. С. 112–118.
7. Глазовский Н.Ф. Ветроэнергетические условия миграции вещества в аридной зоне СССР // ДАН СССР. 1984. Т. 279. № 5. С. 1225–1229.
8. Сажин А.Н. Ветровой режим при пыльных бурях на юге Восточно-Европейской равнины // Изв. ВГО. 1989. Т. 121. Вып. 4. С. 318–325.
9. Полезачитные лесные полосы в борьбе с пыльными бурями. Волгоград: ВНИАЛМИ, 1969. 149 с.
10. Ларионов Г.А. Эрозия почв и дефляция: основные закономерности и количественные оценки. М.: Изд-во МГУ, 1993. 210 с.
11. Кошеленко И.В. Некоторые рекомендации к прогнозу пыльных бурь и суховеев // Тр. УкрНИГМИ. 1970. Вып. 96. С. 77–86.

12. Дебюк А.Ф. О циркуляции атмосферы и типах циркуляции атмосферы над Европой и Западной Сибирью. Л.: Гидрометеониздат, 1945. 149 с.
13. Бельгибаев М.Е., Зонов Г.В., Паракишина Э.М. Эколого-географические условия дефляции почв Северного и Центрального Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1982. 223 с.
14. Сажин А.Н. Географические закономерности современной дефляции в степях Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин: Дис. ... докт. геогр. наук. М.: МГУ, 1995. 366 с.
15. Сажин А.Н., Васильев Ю.И. Географические закономерности современной дефляции в степях Восточной Европы и Западной Сибири // Геоморфология. 2003. № 1. С. 79–93.
16. Лисицын А.П. Осадкообразование в океанах. М.: Наука, 1974. 432 с.
17. Глазовский Н.Ф. Ландшафтно-геохимическое значение глубокого подземного стока в аридных областях СССР: Автореф. дис. ... докт. геогр. наук. М.: МГУ, 1984. 48 с.
18. Ильичев Б.А., Таргульян В.О. Эоловый привнос пыли в лесной зоне Русской равнины в голоцене // Процессы почвообразования и эволюции почв. М.: Наука, 1985. С. 202–215.

Волгоградский кооперативный ин-т  
 Российского университета кооперации,  
 ВНИАЛМИ Россельхозакадемии,  
 Ин-т географии РАН,  
 Географический факультет МГУ

Поступила в редакцию  
 10.01.2012

## **AEOLEAN MORPHOGENESIS AND RECENT CLIMATE OF EURASIA (PAPER 1. ATMOSPHERE DYNAMICS, BLOCKING AND AEOLEAN PROCESSES**

**A.N. SAZHIN, Yu.I. VASIL'EV, V.P. CHICHAGOV, G.A. LARIONOV**

### Summary

Emergence and distribution of the eolian processes in the arid and semiarid zones of Eurasia depends on the location of the polar front dividing moderate (polar) and tropic air masses. It has in general latitudinal orientation between 30° and 50° N.

From time to time a blocking anticyclones are formed which brake dominating west winds. In the result the main stream is divided into two branches: the northeastern and southeastern ones of approximately even intensity. The zonal process is changed to meridional ones, which lead to rise of the temperature contrasts and conduces to cyclogenesis along the anticyclone periphery.

In Eurasia there are several areas of present intensive aeolean processes, which location are determined by the position of blocking Asian anticyclone and convergent zones at its periphery: 1) steppes of the East Europe, 2) steppes of the West Siberia and the Northern Kazakhstan in the moderate zone, 3) the East Asian one, 4) The Middle Asian one in the subtropical zone.