

60. *Свиточ А.А.* Геоэкологическая катастрофа в приморских городах Дагестана // *Природа*. 1998. № 5. С. 16–27.
61. *Мягков С.М.* Проблемы преодоления неблагоприятных и опасных явлений // *Атлас снежно-ледовых ресурсов*. М.: Изд. ИГРАН, 1997. Т. II. Кн. 2. С. 183–185.
62. *Стихийные природные процессы: географические, экологические и социально-экономические аспекты*. М.: Изд-во НЦЭНАС, 2002. 216 с.

Ин-т географии РАН

Поступила в редакцию
21.02.2006

RECENT HAZARDOUS GEOMORPHIC PROCESSES ON GREAT CAUCASUS

D.S. ASOYAN

Summary

On the basis of new cartographic materials and field research the conventional opinion of hazardous endo- and exogenic processes on the Great Caucasus was reconsidered. Seismic activity on the North Caucasus is accepted to be higher than it was early considered. Elborus and Kazbek are attributed as potentially active volcanoes. The description is given of the catastrophes of the late decades and their aftermath: glacio-nival mudflows, destructive floods of 2000–2002 in Georgia, landslides, earth falls etc. An ecological disaster on the Caspian seashore is being developed now and this will continue in future. Irrational politics in the civil engineering and agricultural development aggravates the hazardous processes effects.

УДК 551.435.7

© 2007 г. С.М. ГОВОРУШКО

ЗОЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И ИХ РОЛЬ В ЖИЗНИ ОБЩЕСТВА

Золовые процессы распространены во всех природных зонах Земли, но наиболее широкое развитие они имеют в степях, полупустынях и пустынях. Необходимыми условиями для их протекания являются: 1) наличие в поверхностных горизонтах значительного количества песчаных и пылеватых частиц; 2) их слабая связность; 3) достаточная для захвата и переноса частиц сила ветра; 4) оголенность поверхности или слабое развитие растительного покрова.

Механизм ветрового переноса

Механизм ветрового переноса частиц выглядит следующим образом [1]. Вследствие неровностей земной поверхности скорость ветра в приземном слое резко снижается и в углублениях приближается к нулю. В первую очередь ветром перекатываются частицы, расположенные на возвышениях. При достижении определенной скорости все поверхностные частицы начинают перемещаться качением. Величина критической скорости передвижения частиц зависит от их размера и связности, характера поверхности, величины развеваемого участка и т.д. Процесс движения частиц подразделяется на четыре этапа: 1) движение по поверхности; 2) движение во взвешенном состоянии; 3) опускание; 4) отложение. Для каждого этапа перемещения существует своя критическая скорость. В зависимости от почвенной разнородности критическая скорость для начала золового переноса колеблется от 4.5 до 12.0 м/с [1–3].

Перемещение частиц осуществляется тремя способами [4]: 1) перекатыванием (толчками) по поверхности земли; 2) прыжками (скачками) на некоторой высоте; 3) переносом в виде взвеси. Преобладание той или иной формы движения, а следовательно



Рис. 1. Пыльная буря, перемещающаяся из Судана (Нубийская пустыня) через Красное море в юго-западную часть Саудовской Аравии (фото Нац. управления по авионавигации и исследованию космического пространства (США), июнь 2002 г. [8])

В зап. части снимка видно русло р. Нил

критической скорости ветра, необходимой для перемещения почвенных частиц. Водные пленки, покрывающие почвенные отдельныености, смыкаясь на их контактах, образуют межагрегатное сцепление, сила которого прямо пропорционально содержанию воды в почве [5, 6].

Как правило, при ветровом переносе частиц происходит их перемещение всеми способами, но в зависимости от конкретной ситуации какой-то из них преобладает. Например, при скоростях ветра 7–10 м/с основная масса песчаных частиц (70%) переносится скачками; 25% – перекачиванием и около 5% во взвешенном состоянии [1]. Все же, свойства ветрового потока таковы, что глинистые и пылеватые частицы переносятся преимущественно во взвешенном состоянии, а пески – в виде влекомого наноса. При ветровом переносе можно выделить три зоны: 1) выдувания; 2) транспортировки материала; 3) его отложения (аккумуляции). Дальность транспортировки материала меняется в чрезвычайно широких пределах. Перенос материала в виде взвеси может происходить на многие тысячи километров, тогда как влекомые наносы на большие расстояния не переносятся, и обычно область накопления располагается в непосредственной близости от выдувания.

Виды проявления эоловых процессов

Самыми известными видами проявления эоловых процессов являются ветровая эрозия почвы и различные формы перемещения песка, обычные в полупустынях и пустынях, а также на побережьях морей, озер и рек.

но, и дальность переноса, зависит от многих условий: скорости ветра, размера и формы частиц, их однородности, удельного веса, характера подстилающей поверхности, емкости воздушного потока, влажности и т.д. Влияние многих перечисленных факторов на ветровой перенос не слишком очевидно. Например, при прочих равных условиях не существует четкой зависимости эолового переноса от величины частиц. Так, наибольшей дефляции подвергаются песчаные почвы с размером частиц от 0.25 до 0.4 мм. Частицы меньшей величины, как и большей, выдуваются слабее, а размером менее 0.005 мм и более 0.8 мм эоловому переносу подвержены незначительно [1].

Количество материала, переносимого воздушным потоком, пропорционально кубу скорости ветра. До последнего времени оставалось неясным, какие ветровые факторы более важны для ветрового переноса. Сейчас установлено, что по достижении ветром критической скорости подъемная сила воздушного потока, обусловленная вихрями с вертикальной осью, на порядок превышает касательное напряжение и поэтому ее следует рассматривать в качестве основной силы, вызывающей дефляцию [5].

Наличие в почве воды способствует повышению ее противодефляционной стойкости. Заполнение водой пор приводит к увеличению веса почвы и, соответственно,

Ветровая эрозия подразделяется на 4 подтипа [7]: 1) пыльные бури; 2) местная ветровая эрозия; 3) повседневная малозаметная эрозия; 4) эрозионная поземка. Наиболее опасны пыльные бури, которые чаще всего происходят в трех районах земного шара. В зонах тропических пустынь действуют желто-красные бури (рис. 1). Для степей и лесостепей Северной Америки и Евразии, где ветровая эрозия вызвана природными и антропогенными факторами, характерны черные бури. На арктических и субарктических территориях происходят серые бури, обусловленные в основном природными факторами [9].

Поскольку песчаные пустыни занимают более половины площади всех аридных территорий [10], желто-красные бури распространены чрезвычайно широко. Пыль от них поднимается на высоту до 5–6 км и разносится на расстояние до 3–6 тыс. км [9]. Например, пыльными бурями за пределы Сахары ежегодно выносятся от 100 млн. до 400 млн. т эолового материала [11]. Частицы, проникшие в стратосферу, подвергаются глобальному переносу со скоростью до 500 км/час. Время пребывания частиц размером 2–10 мкм в стратосферных струйных течениях составляет около 2 недель [12]. Размеры образующихся пылевых облаков могут быть очень велики. Например, облако сахарской пыли над Атлантическим океаном 30 июня 1974 г. имело площадь 7 млн. км² [13].

Пыль из Сахары долетает даже до Бразилии и юго-востока США [9]. Естественно, что чем ближе расположен район к местам возникновения бурь, тем больше материала там оседает. Например, Канарские острова находятся в 200–300 км от берегов Африки. Восточные ветры, дующие с этих берегов, регулярно поставляют на острова большое количество тонкого песка, что привело к накоплению на восточных берегах островов Фуэртевентура и Гран-Канария многочисленных песчаных холмов [14]. Общее количество пыли, выносимой желто-красными бурями, очень велико. Только в океанах ее оседает от 2 до 6 млрд. т в год [15]. За одну мартовскую ночь в 1927 г. в Пекине во время пыльной бури выпало количество пыли, оцениваемое в 43 т на 1 км² [16].

Желто-красные бури в большей степени можно назвать песчаными. При них над самой земной поверхностью летит грубый песок и даже щебень, до высоты нескольких десятков метров – мелкий песок, а еще выше – темное плотное облако пыли. Ширина фронта таких бурь достигает нескольких сот километров, а скорость перемещения 40–60 км/ч [17].

Чисто песчаные бури встречаются довольно редко. Они присущи пустыням, где песок почти не содержит пыли (например, Ливийской). Такие бури представляют собой ровные плоские облака с резко очерченной верхней границей, скользящие над землей. Их высота над поверхностью земли может достигать 2 м, но обычно она бывает меньше, при этом головы людей находятся выше этой границы.

Площади, затрагиваемые черными бурями, также очень велики. Они характерны для центральной части США, субтропических степей (пампасов) Южной Америки (главным образом, Аргентины и Уругвая), центральных и западных штатов Австралии, северного Китая. В Евразии северная граница черных бурь проходит через центральную часть Молдавии, Харьков, Уфу, Оренбург и предгорья Алтая. В наибольшей степени им подвержены Ставропольский, Краснодарский и Алтайский края, Ростовская область, юг Украины, Казахстан.

Наиболее известный пример крупномасштабных черных бурь – бури, происходившие в 1933–1938 гг. на Великих равнинах США. Причины этого экологического бедствия многократно обсуждались в литературе и вина в основном возлагалась на фермеров, распахавших равнины для выращивания сельскохозяйственных культур. Эта территория получила название “пыльной чаши”. К числу наиболее пострадавших относятся штаты Канзас, Колорадо, Оклахома, Техас, Нью-Мексико, Вайоминг, Небраска, Северная и Южная Дакота.

Распашка отразилась как на частоте возникновения пыльных бурь, так и на их интенсивности. У г. Амарило, Техас, после распашки в течение одного месяца отмеча-

Скорость перемещения эоловых форм рельефа

Район	Скорость, м/год	Источник
Центральный Тибет	8–25	[25]
Кувейт	20	[41]
Побережье Вьетнама	2–15	[19]
Северо-западное побережье о-ва Сахалин	2	[1]
Аравийское побережье Красного моря	2–12	[42]
Побережье Намибии	Десятки	[34]
Сахара	5–25	[14]
Сахара	До 15	[20]
Сахара	1	[43]
Сахара, Мавритания	20	[17]
Атлантическое побережье Франции	10–25	[14]
Штат Сеара (Бразилия)	17.5	[44]

лось 23 дня с не менее чем 10 часами атмосферной пыли, при каждой пятой буре видимость была нулевой. Для сравнения долгосрочное среднее значение для этой части Техаса составляет только 6 пыльных бурь в год [18]. Интенсивность явления характеризуют следующие цифры. Почва, поднятая пыльной бурей 9 мая 1934 г. в штатах Монтана и Вайоминг, была унесена в восточном направлении в количестве 350 млн. т, утром 11 мая отмечалось осаждение пыли в Бостоне и Нью-Йорке, а на следующий день и позднее – на палубах судов в Атлантическом океане в 500 км от берега [18].

Сходная ситуация наблюдалась и в нашей стране. В 1954 г. началось освоение целины Казахстана и Западной Сибири (главным образом Алтайского края). Сплошная распашка степей привела к массовому возникновению черных бурь, которые к 1958 г. охватили значительные площади. Большого размаха достигли пыльные бури, происходившие на юге России в 1960, 1969 и 1970 гг. Например, в марте-апреле 1960 г. на юге европейской части России господствовали очень сильные и сухие восточные и юго-восточные ветры. Пыльные бури начались в Закаспии, потом они захватили юг России и Украины. В общей сложности протяженность полосы черных бурь составила 3 тыс. км, а площадь около 100 млн. га. Пыльные бури зимой и весной 1969–1970 гг. на Северном Кавказе и Нижнем Дону охватили более 3 млн. га пашни [9].

Эоловые процессы играют значительную рельефообразующую роль, которая обусловлена, как выносом материала с поверхности (котловины, ложбины, ниши, различные останцы выдувания и т.д.), так и его накоплением. Здесь наиболее значимы дюны и барханы – движущиеся формы рельефа, образованные ветровой аккумуляцией. Дюны характерны для побережий Северного, Балтийского и Белого морей, побережья Бискайского залива. Они встречаются также в береговой зоне Черного и Каспийского морей, озера Балхаш, в долинах Днепра, Дона и других рек [14]. Распространение этих форм рельефа в ряде случаев весьма значительно. Так, протяженность береговой линии с дюнами в Нидерландах составляет 75% ее общей длины, а во Франции – третью часть [19].

Барханы – форма рельефа, присущая песчаным пустыням и полупустыням. Надо сказать, что в зарубежной литературе все формы рельефа песков называют термином дюны независимо от зонально-климатических условий. И в этом смысле барханы можно считать частным случаем дюн. Барханы и дюны отличаются многообразием форм, при этом определяющими являются рельеф и распределение потоков ветра. Наиболее распространены следующие три типа [20]: 1) линейные дюны, грубо выровненные в направлении преобладающих ветров и характерные для значительной части континентальных территорий Австралии, районов западного Египта и т.д.; 2) серповидные дюны морских побережий и многих пустынь (Каракумы, Кызылдум, Такла-Макан, прибрежные пустыни Южной Америки и др.), 3) звездообразные дюны, напо-

минающие изогнувшихся морских звезд (в частности, дюны пустынь Сахары и Намиб).

Обычно для эоловых форм рельефа характерны длинный пологий наветренный склон и короткий крутой подветренный. Крутизна наветренного склона у барханов колеблется от 5 до 14°, а у дюн от 8 до 20°. Подветренный склон имеет крутизну 30–33° у барханов и 32–40° – у дюн [21]. Различия состоят также в том, что при серповидных очертаниях в плане у барханов рога расположены впереди, т.е. движутся впереди основного тела, а у дюн – сзади. Видимо различия в крутизне и расположении рогов объясняются вариациями влажности. Скорости перемещения эоловых форм чаще всего составляют метры и первые десятки метров в год (таблица). Максимальная высота барханов отмечается в массиве Бадан-Джарэнг (провинция Внутренняя Монголия, КНР) – до 300–400 м [22], для дюн этот показатель не превышает 100 м [14]. Естественно, что максимальная высота эоловых форм рельефа во многом определяется мощностью эоловых отложений. Например, слой песка в пустыне Такла-Макан имеет толщину около 300 м, а в соседней с ней пустыне Бэйшань мощность песчаного покрова всего 20–30 м, а местами и 10 м [10].

Влияние эоловых процессов на человеческую деятельность

История человечества насчитывает немало драматических страниц, связанных с эоловыми процессами. В прошлом перемещение песков решало даже судьбы некоторых государств. В течение тысячелетий песком были засыпаны храмы и сооружения древних царств в Египте, несколько веков были погребены под песками крепости, мавзолеи и дворцы Хорезма [23]. Наступление барханов в пределах территорий Казахстана, Узбекистана и Туркмении, происходившее в V–VIII вв., вынуждало кочевников-скотоводов перемещаться в степи Европы [24]. В XIV в. в результате передвижения песчаного массива Уаран в Сахаре был уничтожен оазис Абуэир с жилыми домами, пальмами и полями. Засыпанные селения известны также в пустынях Каракумы и Кызылкум [13]. Более ста жителей деревни Лангмюэ (Центральный Тибет, Китай), были вынуждены покинуть родные места, так как их дома исчезли под песками [25].

Погребение населенных пунктов песками характерно не только для пустынь (рис 2). На Куршской косе (побережье Балтийского моря) в XVII–XVIII вв. под дюнными песками исчезло 14 деревень, на средиземноморском побережье Испании был засыпан г. Эмпуриес [19]. Многочисленные примеры уничтожения дюнными песками европейских населенных пунктов приведены в монографии А.К. Ларионова [14]. Среди них французские селения Сулан у мыса Гавр, Рамбли и Бельфонтен в Пикардии, немецкие деревни Рантум и Ниблум на острове Зильт в Северном море, селение в окрестностях г. Лиепая в Латвии. Воздействие на населенные пункты заключается не только в засыпании песком. Если они находятся в зоне выдувания, то происходит обнажение фундаментов зданий, переносимые частицы повреждают облицовку домов, вызывают помутнение стекол и т.д. (рис. 3).

Многообразно влияние эоловых процессов на людей. Песчаные бури нередко губили целые караваны. Например, в 1805 г. во время одной из них под песком остались 2000 чел. и 1800 верблюдов [27]. В Северной Африке погибло 15-тысячное войско персидского полководца Камбиза [28]. Эоловые процессы влияют на здоровье людей: переносят болезни и радиоактивную пыль, загрязняют атмосферный воздух, заражают питьевую воду [18].

Огромное воздействие эоловых процессов на сельское хозяйство проявляется следующими путями: 1) снижение урожайности вследствие выноса плодородного слоя почвы; 2) засыпание посевов и пастбищ эоловыми отложениями; 3) засекание стеблей растений переносимыми почвенными частицами; 4) засыпание ирригационных каналов; 5) перенос болезней животных и растений.

Уничтожение плодородного почвенного слоя – чрезвычайно важный фактор воздействия. Во время пыльных бурь 1930-х годов на Великих равнинах США было уни-

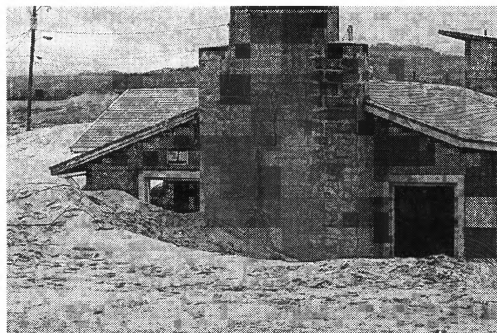


Рис. 2. Дом, засыпаемый песком, на побережье штата Орегон (США) 13 мая 1990 г. (фото Н.Л. Уокера)

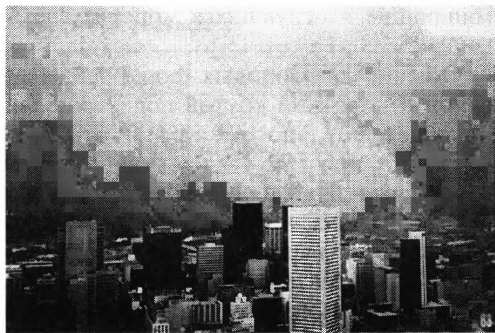


Рис. 3. Пыльная буря, приближающаяся к г. Мельбурн (Австралия), февраль 1983 г. (фото Геологической службы Литвы [26])

сено от 25 до 75% верхнего слоя почвы на площади 256 млн. га [9]. Только во время пыльной бури 12 мая 1934 г. в штатах Канзас, Техас и Оклахома был снесен слой почвы мощностью 25 см [29]. Естественно, что потеря почвенного слоя негативно сказывается на урожайности. После пыльных бурь во второй половине 1950-х годов, вследствие распашки целинных земель в Казахстане, резко снизилась урожайность. На наиболее пораженных участках в 1963 г. сбор зерна составил всего 0.5 ц/га зерна, а в 1965 г. – 1.5 ц/га [9]. В отдельных районах Карачаево-Черкессии в результате пыльных бурь 1969–1970 гг. был снесен слой почвы толщиной до 70 см, в среднем мощность почвенного профиля сократилась на 26 см [30]. Явление выдувания плодородного слоя почвы показано на рис. 4.

Катастрофические последствия для сельского хозяйства нередко имеет и противоположный процесс. При наступлении дюн и барханов сельскохозяйственные угодья выводятся из оборота практически навсегда. Например, в уезде Чжэнань (Тибетский автономный район, Китай), начиная с 1980 г. полностью было погребено под песками 100 га возделываемых земель и 1967 га лугопастбищных угодий [25]. Известны многочисленные случаи засыпания полей и пальмовых рощ в оазисах Сахары, Каракумов и Кызылкума, возделываемых земель на побережье Балтийского моря вблизи г. Лиепая в Латвии [14].

Осаждение почвенных частиц из атмосферы, происходящее при эоловом переносе, также вредит растениям. При большой мощности выпадающего материала посевы могут полностью погибнуть. В 1969 г. в отдельных районах Украины, Северного Кавказа и низовьев Дона вследствие осаждения пыли погибло до 70% озимых [31]. Данное явление иллюстрирует рис. 5.

Урожайность сельскохозяйственных культур снижается также в результате засекания стеблей растений скачущими почвенными частицами, часть посевов при этом гибнет.

Достаточно часто песком заносятся ирригационные каналы, как вследствие наступления эоловых форм рельефа, так и в результате выпадения частиц из атмосферы. В первом случае это приводит к блокировке систем переброски стока, во втором – к снижению пропускной способности русла каналов. В уезде Шигадзе (Тибетский автономный район, Китай) ежегодно повреждается от 5.8 до 6.8 км магистрального оросительного канала, при этом объем накопления песка составляет 7–10 м³ на каждый метр русла канала в год [25].

Огромно влияние эоловых процессов на транспорт. Пример засыпания песком в 1966 г. 500 м железнодорожного пути в западной части пустыни Каракумы приводят И.П. Герасимов и Т.В. Звонкова [33]. На Среднеазиатской железной дороге в начале XX в. движение поездов происходило только днем. Каждый состав сопровождала бри-

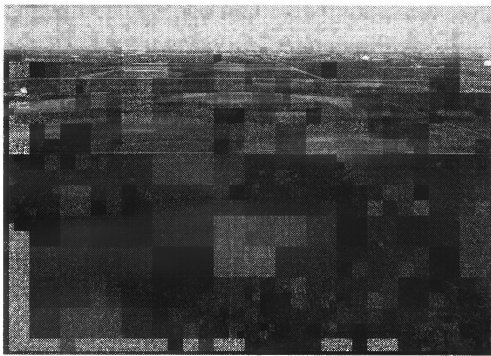


Рис. 4. Ветровой вынос плодородного слоя почвы приводит к снижению урожайности (фото Lynn Betts) Фрагменты с более бледной окраской – наиболее эродированные вследствие дефляции участки сельскохозяйственных угодий в сев. части штата Айова (США), 1999 г.



Рис. 5. Сельскохозяйственные угодья в штате Канзас, покрытые слоем золотых отложений, 1935 г. (фото службы охраны природных ресурсов США [32])

года рабочих, расчищавших рельсы перед поездом от песка [14]. Случаи заноса песком железнодорожного полотна отмечаются также для побережья Чили [19]. Движение барханов часто приводило к блокированию железной дороги протяженностью 200 км между городами Валвис Бэй и Свакопмунд (Намибия). Попытки их закрепления оказались безуспешными. Железная дорога была заброшена (рис. 6), а новая построена в обход барханов в 50 км восточнее, в континентальной части страны [34].

Ситуация с автомобильным транспортом во многом сходна. Эоловые процессы приводят к нарушению транспортных связей, проблемам с заживанием в двигателях, преждевременному выводу из строя воздушных фильтров. А.Т. Леваднюк [35] описывает случай полного уничтожения в 1959 г. дорожной насыпи при строительстве автомобильной дороги Джебел–Котурдепе на участке от шора Михайловского до пос. Котурдепе. В Тибетском автономном районе Китая зимой и весной ежегодно прерывается движение по трассе, ведущей в Непал. Общая протяженность таких участков составляет 4,8 км, при этом на трех отрезках с суммарной длиной 1,5 км мощность песчаных заносов превышает 1 м [25].

Воздействие на авиационный транспорт в первую очередь связано с резким ухудшением видимости, что приводит к катастрофам. 2 марта 1981 г. вблизи оазиса Сива (Египет) вертолет, в котором находились министр обороны АРЕ и 10 генералов, попал в зону пыльной бури, столкнулся с осветительной вышкой, упал и взорвался. Все находившиеся на борту погибли [36]. В ноябре 1962 г. из-за пыльной бури в течение нескольких суток был закрыт аэропорт г. Каир (Египет). Кроме этого, вследствие высокого содержания в воздухе пыли происходит преждевременный износ двигателей.

Воздействие на водный транспорт во многом также связано с ухудшением видимости. Еще в средние века мореплаватели называли восточную часть Атлантики между Гибралтаром и экватором “морем мрака”. Такое название было дано из-за частых пы-

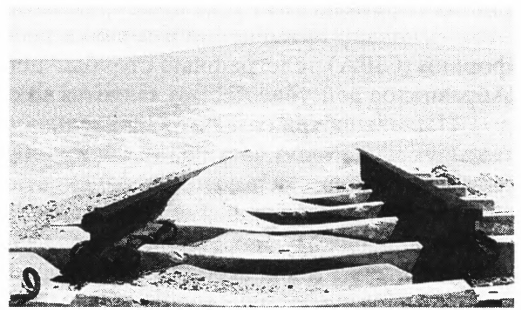


Рис. 6. Занесенная песком железная дорога между городами Валвис Бэй и Свакопмунд (Намибия), 1993 г. (фото А. Goudie)

левых туманов вследствие переноса пыли северо-восточными пассатами из Сахары. Зона интенсивных пылепадов простирается на 1600 миль по широте. Над всей акваторией этого “моря мрака” повторяемость пылевых туманов составляет 10–15% наблюдений, иногда они затрудняют ориентировку судов [15]. Примерно такие же цифры повторяемости пылевых туманов характерны и для других “морей мрака” Мирового океана, питаемых прибрежными пустынями: в Красном и Аравийском морях – пустынями Аравии, в Тихом океане вблизи северного побережья Чили и южного побережья Перу – пустыней Атакама. “Моря мрака” отмечаются также у берегов Мексики, США, Аргентины, Новой Зеландии, Австралии, Китая. Иногда пыльные бури приводят к прекращению судоходства. Например, в ноябре 1962 г. из-за такой бури в Аравийской пустыне на несколько суток была прервана навигация по Суэцкому каналу.

Воздействие эоловых процессов на водный транспорт проявляется также в изменении глубин в прибрежной морской зоне. Так, движение дюн по Куршской косе привело к засыпанию фарватера порта Клайпеды в Литве [19]. Дефляция вызывает обнажение значительных участков нефте-, газо- и водопроводов, что способствует быстрой порче изоляции, выпучиванию и даже разрывам труб.

Влияние на линии электропередачи и мосты осуществляется при развеивании и уносе песка ветром, что приводит к обнажению фундаментов береговых опор мостов и опор ЛЭП. Подобный случай описан в монографии А.Т. Леваднюка [35]. Другой фактор воздействия обусловлен абразивными свойствами частиц. При больших скоростях перемещения песка его абразивное действие достигает значительной силы (на этом основано применение в технике пескоструйных аппаратов). Например, в Калифорнии (США) телеграфные столбы “перепиливались” песками в течение года [16]. Абразивное действие частиц является также причиной повреждения изоляции проводов. Пыльные бури создают значительные помехи для радиосвязи, так как при трении о воздух или землю частицы пыли приобретают значительный электрический заряд, что может привести к возникновению статического заряда на радиомачтах [37]. Кроме этого пыльные бури заметно снижают качество спутниковой связи [18].

В отдельных случаях эоловые процессы могут быть полезными для человека. Дюны используются для строительства гольфовых полей, добычи песка, в качестве мест отдыха и развлечений (дорожки для ходьбы, езды на велосипеде, верховой езды), строительства кемпингов и т.д. [34].

Экологическое значение эоловых процессов

Эоловые процессы имеют большое экологическое значение. Попадание в атмосферу значительных количеств пыли влечет за собой климатические изменения. Например, в результате пыльной бури над Нигерией произошло снижение средней дневной солнечной радиации на 30% и температуры на 6°C. Перенос сахарской пыли очень важен для влажных тропических лесов Южной Америки, так как она содержит микроэлементы, щелочные и щелочноземельные металлы, дефицитные для экосистем Амазонии [9]. Осаждение пыли в некоторой степени влияет и на биопродуктивность прибрежных районов Мирового океана [15]. Впрочем, повышение биопродуктивности не всегда играет положительную роль. Сахарская пыль, попадая в воды Мексиканского залива, удобряет ее, повышая содержание железа. Цианобактерии используют его для фиксации в воде азота и преобразуют последний в биоусваиваемую форму, что приводит к взрывному росту токсичных водорослей и массовой гибели биоты [38].

В некоторых районах существенна гидрологическая роль эоловых процессов. Понижая альбедо поверхности ледников, они способствуют интенсификации таяния и повышению водности питаемых им рек. Эоловые процессы порой приводят к значительному изменению глубин рек, озер и морей, особенно в прибрежной зоне. Велико их значение для почвообразования. Лёссы и лёссовидные отложения, значительная часть которых имеет эоловое происхождение, распространены на площади около 13 млн. км² [39], что соответствует 10% площади суши. Перенос ими солей способ-

ствует засолению почв и грунтовых вод. Немаловажно и их негативное воздействие на флору и фауну, обусловленное запыленностью воздуха.

Прогнозирование эоловых процессов

Прогнозирование возможно на основе знания закономерностей формирования погоды и изменения противодефляционной стойкости почв. Задачи краткосрочного прогнозирования решаются методами синоптической метеорологии: ожидаемое положение на карте погоды сопоставляется с положением, соответствующим процессам, приводившим к возникновению пыльных бурь в прошлом, при этом учитываются состояния почвы, рельеф и другие местные условия. При совпадении значений метеорологических величин в исходный момент времени со значениями, характерными для типового процесса, выдается прогноз пыльной (песчаной) бури на ближайшие 1–3 суток [6]. Долгосрочное прогнозирование эоловых процессов пока практически отсутствует.

Заключение

Эоловые процессы распространены во всех природных зонах Земли, но их наиболее широкое развитие характерно для степей, полупустынь и пустынь. Они имеют огромное влияние на человеческую деятельность. В наибольшей степени им подвержены: 1) населенные пункты; 2) люди вне поселений; 3) сельское хозяйство; 4) транспорт; 5) мосты; 6) линии электропередачи; 7) телефонная и спутниковая связь. Кроме этого эоловые процессы имеют существенное экологическое значение из-за своего влияния на другие природные компоненты.

Экономический ущерб от эоловых процессов очень велик. Он обусловлен множеством факторов, наиболее значимыми из которых являются: 1) снижение почвенного плодородия; 2) выдувание и засыпание сельскохозяйственных культур; 3) засекание растений скачущими почвенными частицами; 4) засыпание ирригационных каналов; 5) нарушение работы ЛЭП, трубопроводов и мостов вследствие выдувания грунта из-под опор; 6) преждевременный износ автомобильных и авиационных двигателей вследствие запыленности. Как видно, основная часть финансовых убытков от эоловых процессов приходится на долю дефляции. Ранее совокупная величина ущерба от почвенной эрозии и дефляции оценивалась нами в 20–25 млрд. долл. [40]. Очевидно, что водная эрозия с экономической точки зрения более значима. Приблизительно величину ущерба от эоловых процессов можно оценить в 5–7 млрд. долл./год.¹

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кононова Н.Н. Эоловые процессы и ландшафты побережий. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 1986. 131 с.
2. Справочник по инженерной геологии / М.В. Чуринов. М.: Недра, 1981. 325 с.
3. Стиридович А.И. Основы общей методики полевых геоморфологических исследований и геоморфологического картирования. М.: Мысль, 1970. 456 с.
4. Горшков С.П. Эколого-географические основы охраны природы. М.: Изд-во МГУ, 1992. 124 с.
5. Глазунов Г.П., Гендугов В.М. О подъемной силе ветра, переносящего почвенные частицы // Вестн. МГУ. Сер. 17. 2000. № 3. С. 43–52.
6. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв. М.: Изд-во МГУ, 1996. 335 с.
7. Репп К.Р., Сосновский В.Б., Тегисов Б.Т. Охрана окружающей среды на предприятиях агропромышленного комплекса. Алма-Ата: Кайнар, 1986. 150 с.
8. http://visibleearth.nasa.gov/view_rec.php?id=3356
9. Горшков С.П. Концептуальные основы геоэкологии. М.: Желдориздат, 2001. 592 с.
10. Бабаев А.Г. Пустыня как она есть. М.: Молодая гвардия, 1983. 208 с.
11. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию. М.: Мир, 1997. 232 с.
12. Кеннет Д. Морская геология. М.: Мир, 1987. Т. 2. 384 с.

¹ Автор благодарен Х.Дж. Уолкеру (H.J. Walker), Л. Беттсу (L. Betts) и А. Гуди (A. Goudie) за предоставленные фотографии.

13. *Савенко В.С.* Природные и антропогенные источники загрязнения атмосферы / Итоги науки и техники. Сер. Охрана природы и воспроизводство природ. ресурсов. М.: ВНИИТИ, 1991. Т. 31. 210 с.
14. *Ларионов А.К.* Занимательная инженерная геология. М.: Недра, 1974. 280 с.
15. *Айзатулин Т.А., Лебедев В.А., Хайлов К.М.* Океан. Фронты, дисперсии, жизнь. Л.: Гидрометеоздат, 1984. 192 с.
16. *Котлов Ф.В.* Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека. М.: Недра, 1978. 263 с.
17. *Астапенко П.Д.* Вопросы о погоде. Л.: Гидрометеоздат, 1986. 392 с.
18. *Goudie A.S., Middleton N.J.* The changing frequency of dust storms through time // *Climatic change*. V. 20. Is. 3. 1992, March. P. 197–225.
19. *Долотов Ю.С.* Проблемы рационального использования и охраны прибрежных областей Мирового океана. М.: Научный мир, 1996. 304 с.
20. Силы природы. М.: ТЕРРА – Книжный клуб, 1998. 144 с.
21. Географический энциклопедический словарь. М.: Сов. энциклопедия, 1988. 431 с.
22. Источники воды – под дюнами // *Природа*. 2005. № 10. С. 84.
23. *Маслов Н.Н.* Основы инженерной геологии и механики грунтов. М.: Высш. шк., 1982. 511 с.
24. *Мягков С.М.* География природного риска. М.: Изд-во МГУ, 1995. 222 с.
25. *Liu Zhimin, Zhao Wenzhi.* Shifting-Sand Control in Central Tibet // *Ambio*. 2001. V. 30. № 6. P. 376–380.
26. <http://www.igt.lt/geoind/docs/dust/dust3.htm>
27. *Мезенцев В.* Энциклопедия чудес. Кн. 1. Обычное в необычном. М.: Знание, 1988. 288 с.
28. *Чичагов В.П.* Проблема разрушения аридных равнин дорожной и военной дигрессией // *Геоморфология*/2005. № 4. С. 10–24.
29. *Маврищев В.В.* Основы общей экологии. М.: Высш. шк., 2000. 317 с.
30. Экзогенные геологические опасности // *Природные опасности России* / В.М. Кутелов, А.И. Шеко. М.: Изд. фирма “КРУК”, 2002. Т. 3. 348 с.
31. Теоретические основы инженерной геологии. Социально–экономические аспекты. М.: Недра, 1985. 259 с.
32. <http://photogallery.nrcs.usda.gov/Detail.asp>
33. *Герасимов И.П., Звонкова Т.В.* Стихийные бедствия на территории СССР: изучение, контроль и оповещение // *Стихийные бедствия: изучение и методы борьбы*. М.: Прогресс, 1978. С. 349–365.
34. *Goudie A., Viles H.A.* The Earth Transformed. Blackwell Publishers. 1997. 276 p.
35. *Леваднюк А.Т.* Инженерно-геоморфологический анализ равнинных территорий. Кишинев: Штиинца, 1983. 254 с.
36. *Ковалевский Ю.Н.* Стихийные бедствия и катастрофы. Рига: Авотс, 1986. 216 с.
37. Энциклопедия Океан – Атмосфера. Л.: Гидрометеоздат, 1983. 464 с.
38. Red Tides and dust storms // *Mar. Pollut. Bull.* V. 42. № 10. P. 796.
39. *Ананьев В.П.* Лёссовые образования на Земном шаре // *Геоэкология*. 2004. № 1. С. 27–32.
40. *Говорушко С.М.* Количественные аспекты оценки взаимодействия природы и общества // *Взаимодействие общества и окружающей среды в условиях глобальных и региональных изменений*. М.: ИПК “Желдориздат”, 2003. С. 116–117.
41. *Khalaf F.I., Alajmi D.* Aeolian processes and sand encroachment problems in Kuwait // *Geomorphology*. 1993. № 2. P. 111–134.
42. *Shehata W.M., Amin A.A.* Geotechnical hazards associated with desert environment // *Natural Hazards*. V. 16. 1997. P. 81–95.
43. *Фюрон Р.* Проблема воды на земном шаре. Л.: Гидрометеоздат, 1966. 256 с.
44. *Parete M.L., Jimenez J.A., Raventos J.S. et al.* Dune migration and aeolian transport along Ceara State, Brazil: downscaling and upscaling aeolian induced processes // *Arq. cienc. mar.*, 2000. V. 33. P. 99–106.

ТИГ ДВО РАН

Поступила в редакцию
24.03.2006

AEOLIAN PROCESSES AND THEIR ROLE IN HUMAN CONDITIONS

S.M. GOVORUSHKO

S u m m a r y

Aeolian processes are distributed in all natural zones of the Earth, but they are more typical for steppes, semi-deserts, and deserts. They have a great impact on human activity. Such objects and areas as 1) human settlements, 2) people living outside settlements, 3) agriculture, 4) transportation, 5) bridges, 6) electrical lines, 7) telephone and satellite communication are most of all subjected to Aeolian processes. Besides, Aeolian processes are essential environmentally since they have an impact on other natural components.