

Ольга И. Баженова<sup>1</sup>, Дмитрий В. Кобылкин<sup>1</sup>, Галина Н. Мартьянова<sup>1</sup>,  
Валериан А. Снытко<sup>1</sup>, Елизавета М. Тюменцева<sup>2</sup>, Тадеуш Щипек<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, ул. Улан-Баторская 1, 664033 Иркутск, Россия; e-mail:

bazhenova@irigs.irk.ru; agrebrandt@inbox.ru; ----, vsnytko@yandex.ru

<sup>2</sup>Иркутский государственный университет, Педагогический институт, кафедра географии, безопасности жизнедеятельности и методики, ул. Пролетарская 1, 664011 Иркутск, Россия; e-mail: tumencev@irk.ru

<sup>3</sup>Силезский университет, факультет наук о Земле, ул. Бендзинска 60, 41-200 Сосновец, Польша; e-mail: bajka158@wp.pl

## СОВРЕМЕННОЕ ЭОЛОВОЕ РЕЛЬЕФООБРАЗОВАНИЕ В СТЕПЯХ И ЛЕСОСТЕПЯХ ЮГА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Bażenowa O. I., Kobyłkin D. W., Martjanowa G. N., Snytko W. A., Tiumiencewa E. M., Szczypek T. **Współczesne procesy i formy eoliczne na stepach i lasostepach południowej części Wschodniej Syberii.** Na podstawie danych dotyczących powtarzalności burz pyłowych i zmian wartości modułu eolicznej migracji materii przedstawiono skalę rozwoju procesów eolicznych w semiarydalnych obszarach równin śródgórskich i przedgórskich w południowej części Syberii. Stwierdzono, że intensywność wiatrowego przemieszczania materiału na południu Wschodniej Syberii wzrasta od północnych lasostepów do stepów i dalej – do pustynniejących stepów, zgodnie ze wzrostem suchości i kontynentalizmu klimatu. Stwierdzono też wzrost roli deflacji we współczesnych procesach rzeźbotwórczych, a także poszerzenie granic morfogenezy eolicznej kosztem obszarów lasostepowych. Wydzielono 6 stopni prawdopodobnego pustynnienia eolicznego obszarów półsuchych (subarydalnych): 1 – bardzo słabe, 2 – słabe, 3 – umiarkowane, 4 – duże, 5 – bardzo duże, 6 – wyjątkowo duże. Przeprowadzono klasyfikację stepów i lasostepów południowej części Wschodniej Syberii pod względem stopnia ryzyka ekologiczno-geomorfologicznego rozwoju procesów eolicznych.

Bazhenova O. I., Kobyłkin D. V., Martyanova G. N., Snytko V. A., Tyumentseva E. M., Szczypek T. **Contemporary aeolian landforms and processes in steppes and forest-steppes of the southern part of Eastern Siberia.** Based on data on repeatability of dust storms and changes in the value of module of aeolian matter migration, the scale of the development of aeolian processes in semiarid areas of mountainous and foreland plains in the south of Siberia was presented. It was found that the intensity of the wind translocation of material in the south of Eastern Siberia increased from the northern forest-steppes to steppes and further – to deserting steppes, according to the rise in dryness and continental character of climate. The increase in the role of deflation in contemporary relief-shaping processes, as well as the widening of the borders of aeolian morphogenesis at the expense of forest-steppe areas was also stated. Six degrees of aeolian desertification probability in semiarid areas were separated: 1 – very low, 2 – low, 3 – moderate, 4 – large, 5 – very large, 6 – unusually high. The classification of steppes and forest-steppes in the southern part of Eastern Siberia was carried out in terms of the degree of ecological and geomorphological risk of development of aeolian processes.

**Ключевые слова:** миграция эолового материала, пыльные бури, семиаридные районы, Сибирь, опустынивание, зоны геоморфологического риска

**Słowa kluczowe:** migracja materiału eolicznego, burze pyłowe, obszary semiarydalne, Syberia, pustynnienie, strefy ryzyka geomorfologicznego

**Key words:** migration of aeolian material, dust storms, semiarid regions, Siberia, desertification, zones of geomorphological risk

### Аннотация

По данным о повторяемости пыльных бурь и изменении значений модуля эоловой миграции вещества показаны масштабы развития эоловых процессов в семиаридных районах межгорных и предгорных равнин юга Сибири. Установлено, что интенсивность эоловой миграции вещества на юге Вос-

точной Сибири увеличивается от северной лесостепи к степям и далее опустыненным степям в соответствии с увеличением аридности и континентальности климата. Выявлено повышение роли дефляции в современном морфогенезе. Отмечено расширение области эолового рельефообразования за счет лесостепных районов. Выделено шесть уровней вероятного эолового опустынивания субаридных районов

(1 – очень слабое, 2 – слабое, 3 – умеренное, 4 – высокое, 5 – очень высокое, 6 – чрезвычайно высокое). Проведено зонирование степей и лесостепей юга Восточной Сибири по степени эколого-геоморфологической опасности развития эоловых процессов.

## ВВЕДЕНИЕ

Эоловые процессы на юге Восточной Сибири широко распространены. Современная пораженность территории дефляцией в некоторых степных районах превышает 40%. Они играют важную роль в современном рельефообразовании. В степях и лесостепях Сибири поверхность постоянно и на протяжении длительного времени, но с разной интенсивностью, подвергается воздействию эоловых процессов. К настоящему времени изучено распространение процессов, морфология, сезонная и многолетняя динамика, влияние на эоловый морфогенез природных и антропогенных факторов. На опорных экспериментальных полигонах получены количественные данные об интенсивности эоловой миграции вещества в отдельных субаридных районах Сибири (СНЫТКО и др., 1996; БАЖЕНОВА и др., 1997; ВАЖЕНОВА, МАРТЯНОВА, 2001, 2002; ВАЖЕНОВА, ТУМЕНТСЕВА, 2015). В XXI столетии интерес к изучению эоловых процессов не ослабевает, так как знания о динамике и региональных особенностях их проявления представляют ценность для прогнозных оценок и палеореконструкций эволюции рельефа, а также решения ряда экологических проблем, таких как дефляция почв, деградация земель, миграция загрязнений. Изучение режимов функционирования эоловых систем актуально в условиях отмечающихся изменений климата, а также в связи с проблемой опустынивания внутриконтинентальных районов Азии. При этом в целях рационального природопользования особый интерес представляет ранжирование степных и лесостепных районов по степени опасности развития в них эоловых процессов, позволяющее дифференцированно подходить к планированию хозяйственной деятельности с учетом возможного опустынивания территории.

## УСЛОВИЯ И ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ ЭОЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ОСТРОВНЫХ СТЕПЯХ СИБИРИ

На юге Восточной Сибири общая площадь семиаридных районов достигает 267 тыс. км<sup>2</sup>. Они распространены в виде отдельных участков – „островов“ в пределах горно-таежной зоны. К ним отно-

сятся лесостепные, собственно степные и опустыненно-степные ландшафты (рис. 1). В геоморфологическом отношении они представлены в основном денудационными предгорными и межгорными равнинами, огибающими с севера Южносибирский горный пояс или, местами, вдающимися в него. Встречаются также участки мелкопочечника, холмисто-увалистого рельефа, островные горы.

Значительная изменчивость климата на юге Сибири предопределила здесь большое разнообразие условий функционирования эоловых систем (ВАЖЕНОВА, МАРТЯНОВА, 2001, 2002; ВАЖЕНОВА, ТУМЕНТСЕВА, 2015). Отметим, что увлажненность территории меняется более чем в два раза: в Назаровском лесостепном районе средняя многолетняя сумма осадков достигает почти 500 мм, а в опустыненно-степном Приольхонском едва превышает 200 мм. С учетом внутривековой изменчивости годовая сумма осадков за период инструментальных наблюдений варьировала от 100 мм в сухой Удинской степи (станции Улан-Удэ, Хоринск, 1946, 1989 гг.) до 820 мм в Ангаро-Ленской лесостепи (Иркутск, 1938 г.). По температурным среднегодовым условиям размах колебаний достигает 7 градусов (от 1,8°C в Койбальском до -5,5°C в Убсунурском районе). Максимальная среднегодовая температура в семиаридных районах юга Сибири отмечалась в 2002 г. на метеостанции Бея и составила 4°C, а минимальная зафиксирована в 1956 г. на метеостанции Эрзин, когда она опускалась ниже -6°C.

В условиях недостаточного увлажнения влияние на эоловый морфогенез зональных факторов выражается аридностью климата. Степень аридности современного климата оценивалась нами с помощью индекса аридности Кеппена, который варьирует в семиаридных ландшафтах юга Сибири от 0,55 (Назаровская котловина) до 1,28 (Приольхонье), т.е. меняется почти в 3 раза. В качестве интегральной климатической характеристики, показывающей изменчивость хода эоловых процессов во времени, взят коэффициент континентальности Конрада. В пределах пояса островных степей он меняется от 53 до 96, т. е. почти в два раза.

## РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ЭОЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ЮГЕ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Одна из отличительных региональных особенностей проявления эоловых процессов в семиаридных районах юга Сибири заключается в их тесном взаимодействии, чередовании во времени

с флювиальными процессами. Наиболее характерной чертой динамики эоловых процессов является

цикличность. Процессы носят четко выраженный пульсирующий характер.

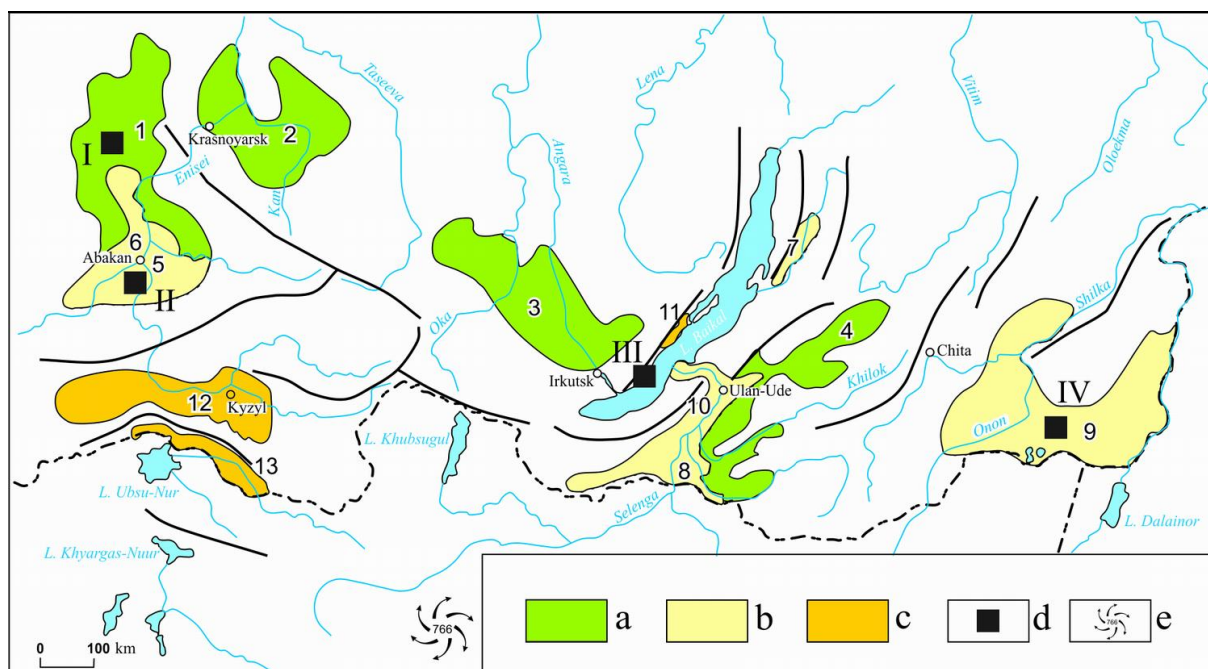


Рис. 1. Расположение лесостепных (а), степных (б) и опустыненно-степных (с) морфоклиматических районов на юге Сибири:

Районы: 1 – Назаровский, 2 – Красноярско-Канский, 3 – Ангаро-Ленский, 4 – Селенгинский, 5 – Койбальский, 6 – Минусинский, 7 – Баргузинский, 8 – Селенгинско-Хилокский, 9 – Онон-Аргунский, 10 – Удинский, 11 – Приольхонский, 12 – Кызылский, 13 – Убсунурский; d – участки экспериментальных наблюдений за эоловой миграцией вещества на комплексных географических стационарах ИГ СО РАН (I – Березовский, II – Койбальский, III – Голоустенский, IV – Харанорский); e – центр Азиатского антициклона

Rys. 1. Lokalizacja lasostepowych (a), stepowych (b) i pustynnejących stepowych (c) obszarów morfoklimatycznych Południowej Syberii:

Obszary : 1 – Nazarowski, 2 – Krasnojarsko-Kański, 3 – Angarsko-Leński, 4 – Selengijski, 5 – Kojbalski, 6 – Minusiński, 7 – Barguziński, 8 – Selengijsko-Chiłocki, 9 – Onońsko-Arguński, 10 – Udiński, 11 – Przedolchoński, 12 – Kzyłski, 13 – Ubsunurski; d – obszary obserwacji eksperymentalnej eolicznej migracji materii na kompleksowych geograficznych stacjach terenowych IG SO RAN (I – Bieriezowski, II – Kojbalski, III – Gołoustnej, IV – Charanorski); e – centrum antycyklonu azjatyckiego

Fig. 1. Location of forest-steppe (a), steppe (b) and desertified steppe (c) of the morphoclimatic areas in Southern Siberia: Areas : 1 – Nazarovskiy, 2 – Krasnojarsko-Kanskiy, 3 – Angaro-Lenskiy, 4 – Selenginskiy, 5 – Koybalskiy, 6 – Minusinskiy, 7 – Barguzinskiy, 8 – Selenginsko-Khilokskiy, 9 – Onon-Argunskiy, 10 – Udinskiy, 11 – Preol'khonskiy, 12 – Kyzylskiy, 13 – Ubsunurskiy; d – plots of experimental observations of aeolian migration agents on complex geographical experimental fields of IG SB RAS (I – Berezovskiy, II – Koybalskiy, III – Goloustenskiy, IV – Kharanorskiy); e – the center of the Asian anticyclone

В многолетнем режиме пыльных бурь за последние 30 лет XX в. отмечались противоположные тенденции увеличения их в восточной части островных степей Сибири и уменьшения в западной. Они связаны со сменой эпох атмосферной циркуляции. На фоне этих в основном противофазных колебаний интенсивности эоловых процессов, свойственных отдельным районам, выделяются общие периоды их усиления, связанные с сильными засухами, распространяющимися почти на весь юг Сибири, когда количество осадков на 10–20% и более было ниже нормы (в начале 1920-х и 1980-х гг.). В экстремальные по усло-

виям увлажнения годы эоловые процессы приобретают катастрофический, разрушительный характер. Резкая активизация процессов приводит к ускоренной дефляции почв, гибели сельскохозяйственных культур, загрязнению поверхностных вод продуктами дефляции и другим негативным экологическим последствиям, ухудшающим условия жизни и ведения хозяйства.

По материалам экспериментальных исследований интенсивность эоловой миграции вещества увеличивается от северной лесостепи к степям и далее опустыненным степям. С повышением интенсивности дефляции увеличивается и размер

переносимого материала. В Назаровской лесостепи ветром слабо переносится пыль, в Онон-Аргунской и Койбальской степи в движение вовлекается песок (БАЖЕНОВА и др., 1997). На Байкале в Приольхонье во время штормовых ветров движется дресва и мелкая щебенка, которая перемещается периодическим скольжением на расстоянии 30–40 см при наиболее сильных порывах ветра (АГАФОНОВ, 1990).

### ЗОНЫ ВЕРОЯТНОГО ЭОЛОВОГО ОПУСТЫНИВАНИЯ СУБАРИДНЫХ РАЙОНОВ СИБИРИ

Результаты исследования позволяют ранжировать эоловые процессы по степени их опасности для окружающей среды и разделить семиаридные ландшафты на зоны с различным уровнем возможного опустынивания, обусловленного развитием

эоловых процессов. Для этого рассчитывалась вероятность развития процессов со слабой, умеренной, высокой и очень высокой интенсивностью в каждом из районов по повторяемости количества пыльных бурь в год (N) и комплексного климатического показателя дефляции (C), а также модуля эоловой миграции вещества (A). На основе этих расчетов по соотношению повторяемости процессов разной интенсивности выделено 6 уровней опустынивания (табл. 1) и соответствующих им 6 зон возможного опустынивания (рис. 2).

К первой зоне очень слабого опустынивания относятся ландшафты северной лесостепи (северная половина Назаровской котловины, Красноярско-Канская лесостепь, северо-западная часть Иркутско-Черемховской равнины), где дефляция практически отсутствует, а эоловая аккумуляция имеет фоновый планетарный характер и крайне незначительна.

Таблица 1. Вероятность опустынивания субаридных районов Сибири, рассчитанная на основе повторяемости количества пыльных бурь в год (N), комплексного климатического показателя дефляции (C), % и модуля эоловой миграции вещества (A, т/га в год)

Tabela 1. Prawdopodobieństwo pustylnienia subarydalnych obszarów Syberii, obliczone na podstawie powtarzalności burz pyłowych w ciągu roku (N), kompleksowego klimatycznego wskaźnika deflacji (C), % i wskaźnika eolicznej migracji materii (A, t/ha/rok)

Table 1. Probability of desertification of subarid areas of Siberia, calculated on the base of repeatability of dust storms during the year (N), a comprehensive climate index of deflation (C),% and the rate of migration of aeolian matter (A, t/ha/year)

Степень опустынивания	Интенсивность эоловых процессов				A, т/га
	слабая (N < 3,0; C < 1,5)	умеренная (N = 3,1–7,0; C = 1,5–3,0)	высокая (N = 7,1–10,0; C = 3,1–5,0)	очень высокая (N > 10,0; C > 5,0)	
I	85	15	–	–	0,1–1
II	65	25	7	3	1–5
III	60	20	15	5	5–10
IV	35	35	10	20	10–100
V	30	20	20	30	100–1000
VI	30	10	10	50	более 1000

Вторая зона объединяет лесостепные и степные ландшафты с низким уровнем дефляционного риска. Здесь происходит преимущественно эоловая аккумуляция, о чем свидетельствуют толщи лессовидных суглинков и лессовидных опесчаненных отложений, в формировании которых принимали участие эоловые процессы. К этой зоне относятся Шарыповская и Ужурская степи, восточная часть Иркутско-Черемховской равнины и Селенгинская лесостепь. Для зоны характерны экстремальные проявления эоловых процессов когда их интенсивность резко увеличивается. В лесостепных районах Иркутско-Черемховской равнины резко выделяются необычные морфо-климатические ситуации, вызванные пыльными бурями редкой повторяемости с высокой разру-

шительной способностью. Периодически, с вероятностью 3–5%, развитие эоловых процессов под воздействием ураганной деятельности приобретает здесь катастрофический характер, что приводит к деградации сельскохозяйственных земель, повреждению и гибели посевов. Такие явления наблюдались на юге Прибайкалья 24 июня 1879 г. и спустя 111 лет – 16 мая 1990 г., когда ураган со скоростью ветра, достигающей 35–40 м/с, бушевал более 3 часов. От него пострадала 1/6 часть площади пахотных земель Иркутской области, нарушены линии электропередач, были и человеческие жертвы (БАЖЕНОВА и др., 1997). Негативные экологические последствия имели здесь также апрельские пыльные бури 2001, 2014 и 2015 гг. Для района характерна тенденция усиления эоло-

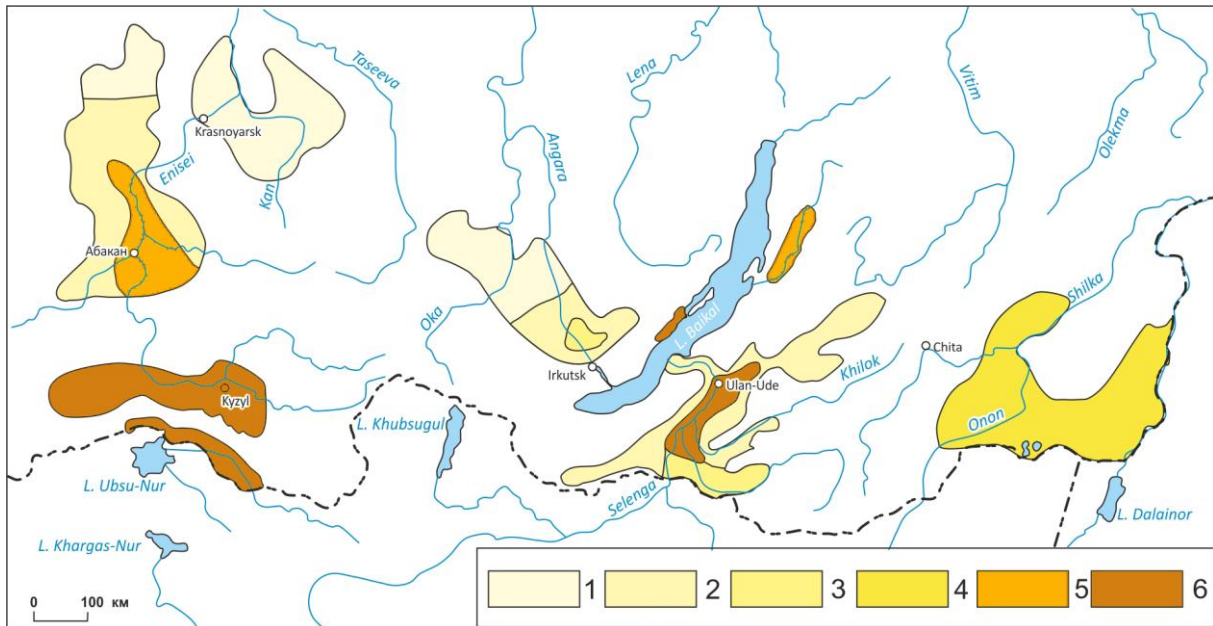


Рис. 2. Зоны возможного опустынивания субаридных районов юга Сибири, связанные с развитием эоловых процессов:  
 вероятность опустынивания: 1 – очень слабая, 2 – слабая, 3 – умеренная, 4 – высокая, 5 – очень высокая, 6 – чрезвычайно высокая

Rys. 2. Strefy możliwego pustynnienia subarydalnych obszarów Syberii, związane z rozwojem procesów eolicznych:  
 prawdopodobieństwo pustynnienia: 1 – bardzo niskie, 2 – niskie, 3 – umiarkowane, 4 – duże, 5 – bardzo duże, 6 – niezwykle duże

Fig. 2. Zones of possible desertification of subarid areas of Siberia, associated with the development of aeolian processes:  
 the probability of desertification: 1 – very low, 2 – low, 3 – moderate, 4 – large, 5 – very large, 6 – unusually high

вой деятельности (рис. 3), которая отмечается на фоне повышения аридности климата на протяжении XIX и XX вв., выявленной дендроиндикационными исследованиями (VORONIN и др., 2000).

В третью зону умеренного риска входят участки степей в долине Ангары от Усть-Уды до Балаганска, в районе Усть-Орды, в Западном Забайкалье – островные степи в межгорных котловинах. Здесь модуль эоловой миграции вещества повышается в 2 раза по сравнению со второй зоной и составляет 5–10 т/га в год (см. табл. 1).

В четвертой зоне высокого риска вероятность проявления эоловых процессов очень высокой интенсивности возрастает до 20%, а модуль эоловой миграции вещества может повышаться до 100 т/га в год. К ней относится Онон-Аргунская степь. Здесь происходит перевеивание отложений на дорогах, формируется эоловая рябь, углубляются днища озерных котловин, на участках развития песков формируются дюны, увеличиваются размеры дефляционных котловин на речных и озерных террасах (фот. 1), заносится песком огороды, уносится с сельскохозяйственных полей верхний плодородный слой почвы.

Пятая зона очень высокого риска (см. рис. 2) приурочена к сухим степям Красноярского края

и Хакасии (Уйбатская, Аскизская, Ширинская, Минусинская степи) и Баргузинской котловины (ЩИПЕК и др., 2002), в которых широко распространены песчаные массивы. Здесь хозяйственная деятельность должна проводиться крайне осторожно. Примером непродуманной деятельности в сухих степях Южно-Минусинской котловины было освоение целинных земель в 1956–1958 гг., когда более трети освоенных площадей были разрушены и исключены из пашни, полностью погибли посевы на площади 16 тыс. га, а на 114 тыс. га они сильно пострадали. Мелкозем, вынесенный с полей, засыпал 146 км оросительной сети, слой эоловых отложений накопился на сенокосах и пастбищах (БАЖЕНОВА и др., 1997). В Баргузинской котловине средняя величина денудации рельефа варьирует от нескольких миллиметров до 1–2 см, локально до 5 см и более (ЩИПЕК и др., 2002). На локальных участках при ураганных ветрах отмечаются катастрофические скорости эоловой денудации, достигающие 170 мм/год.

Наконец, ландшафты, для которых в 50% случаев свойственна очень высокая интенсивность дефляции, переноса и накопления эолового вещества, объединяются в шестую зону чрезвычайно высокого риска, в которой модуль эоловой ми-

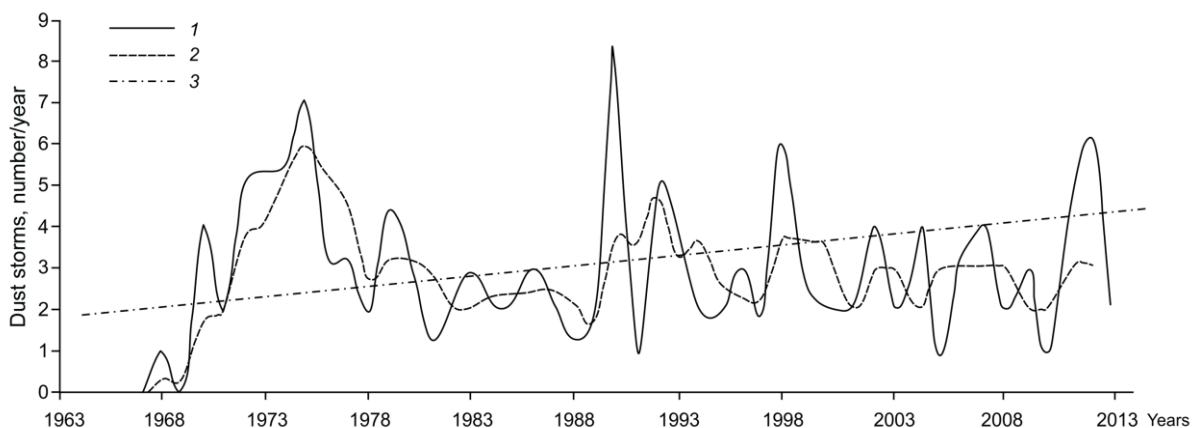


Рис. 3. Многолетняя динамика пыльных бурь в Иркутске:  
 1 – ежегодные данные; 2 – сглаженные по пятилетиям; 3 – тренд  
 Rys. 3. Wieloletnia dynamika burz pyłowych w Irkucku:  
 1 – dane coroczne, 2 – dane wygładzone w okresach 5-letnich, 3 – trend  
 Fig. 3. Long-term dynamics of dust storms in Irkutsk:  
 1 – annual data, 2 – smoothed data in 5-year's period, 3 – a trend



Фот. 1. Котловина выдувания в Онон-Аргунской степи на северном побережье оз. Б. Якши в апреле 2014 г. (фото Н. Н. Рогалевой)  
 Fot. 1. Niecka deflacyjna na północnym brzegu jeziora B. Jakszi, Step Onońsko-Arguński, kwiecień 2014 roku (fot. N. N. Rogalewa)  
 Photo 1. Deflation basin at northern shore of B. Yakshi lake, Onon-Argunskiyi Steppe, April, 2014 (phot. by N. N. Rogaleva)

грации вещества может превышать 1000 т/га в год. К этой зоне относятся опустыненно степные ландшафты Тувинской и Убсунурской котловин, Приольхонье, техногенно нарушенные участки развееваемых песков в районе Минусинска, на побережье Байкала, в долинах Селенги и Уды.

В Туве слабо закрепленные и развееваемые пески занимают 89,0 тыс. га, в структуре сельскохозяйственных угодий они составляют 2,2% и используются в качестве пастбищ для круглогодичного выпаса скота (Кужугет, 2005). Среди них своими размерами выделяется песчаный массив Шолы в Улуг-Хемской котловине, вытянутый по направлению господствующих ветров с северо-запада на юго-восток почти на 100 км при ширине 15–20 км. В Убсунурской котловине, южнее р. Тес-Хем в пределы Тувы вступает из Монголии край громадного песчаного массива Бориг-Дэл,

восточным продолжением которого является массив Цугер-Элисс, который возвышается на 100 м над современной поймой р. Тес-Хем и вытянут вдоль нее полосой около 25 км при ширине примерно 2 км. Массив очень подвижен, имеет бугристый, грядово-ячеистый, барханный рельеф (фот. 2 и 3). Формы активно смещаются в юго-восточном направлении. Растительность песчаных массивов представлена в основном караганами Бунге (*Caragana bungei* Ledeb.) и карликовой (*S. pygmaea* L.) (Кужугет, 2005).

На Байкале наиболее интенсивно очаговая дефляция происходит в урочище Песчанка на о. Ольхон (Агафонов, 1990; Вика, Снытко, Щипек, 1997; Kozuriewa, Szczurek, Trzcinski, 2008). Здесь встречаются многочисленные слабо закрепленные сосновой дюны, интенсивный выдув песка происходит со среднегодовой скоростью от 2,4 до 34,1 мм,



Фот. 2. Песчаный массив Цугер-Элисс в Убсунурской котловине в июле 2014 г. (Фото Г. И. Лысановой)

Fot. 2. Piaski Cuger-Eliss w Kotlinie Ubsunur, lipiec 2014 (fot. G. I. Łysanowa)

Photo 2. Aeolian sands Tsuger-Eliss in the Ubsunur Basin, July 2014 (phot. by G. I. Lysanova)



Фот. 3. Юго-восточная часть песчаного массива Цугер-Элисс в Убсунурской котловине, 6 июля 2012 г. (фото И. Б. Воробьевой)

Fot. 3. Południowo-wschodnia część piasków Cuger-Eliss w Kotlinie Ubsunur, 6 lipca 2014 (fot. I. B. Worobjowa)

Photo 3. South-eastern part of aeolian sands Tsuger-Eliss in the Ubsunur Basin, July 6, 2014 (phot. by I. B. Vorobyova)



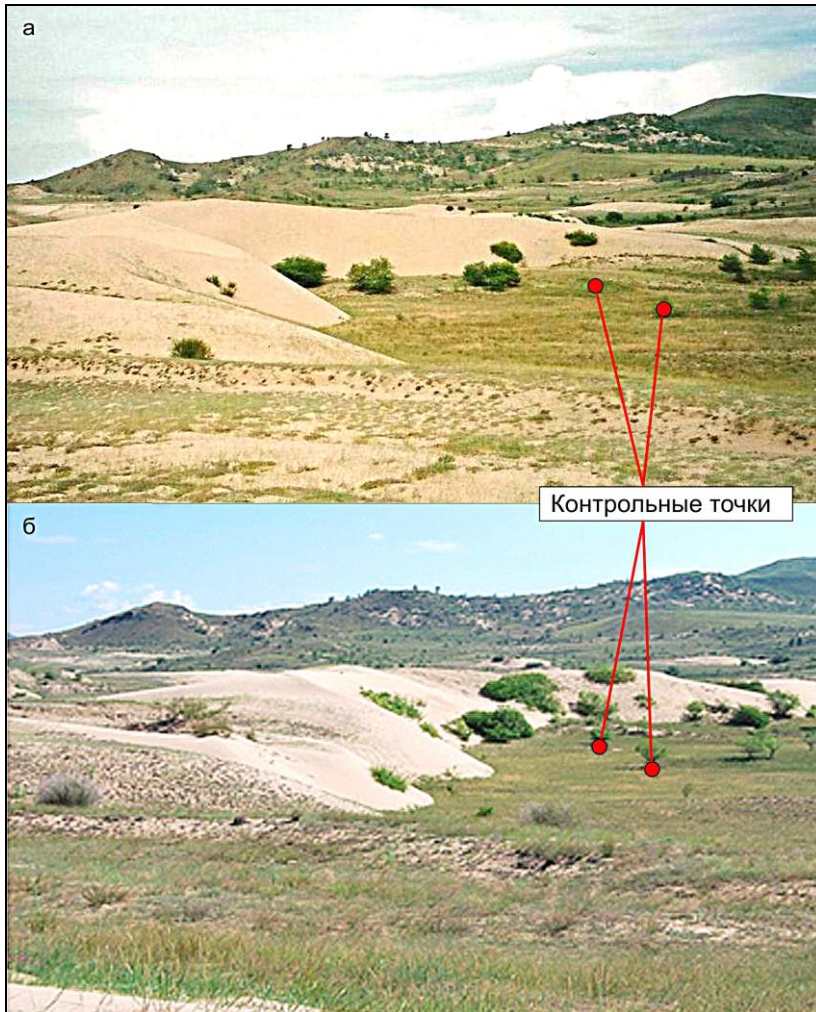
Фот. 4. Псаммостепь на развеваемых песках на фоне собственно степи, урочище Улан-Хушин, Ольхон, 2010 (фот.: Т. Щипек)

Fot. 4. Psammostep na piaskach eolicznych na tle stepu właściwego, stanowisko Ułan-Chuszin, Olkhon, 2010 (fot. T. Szczypek)

Photo 4. Psammosteppe on the aeolian sands against a background of typical steppe, site Ulan-Khushin, Olkhon Island, 2010 (phot. by T. Szczypek)

у преград формируются эоловые гряды. Специальные исследования в бухте Песчаная показали, что скорость обнажения корней сосны в среднем равнялась 27,1 мм/год (АГАФОНОВ, 1990, 2007; ВИКА и др., 1999). Кроме того, на Ольхоне ши-

рокое распространение на развеваемых песках получили псаммостепи, часто развивающиеся на границе с собственно степью (фот. 4). В других районах Прибайкалья пески также чрезвычайно сильно подвержены дефляции. Максимальной ди-



Фот. 5. Динамика барханной цепи в урочище Номохоново в долине р. Селенги за период с 1999 (а – фот.: Т. Щипек) по 2013 гг. (б – фот. Д. В. Кобылкина)

Fot. 5. Dynamika łańcucha barchanów w uroczysku Nomochonowo w dolinie Selengi w okresie od 1999 roku (а – fot. T. Szczypek) do roku 2013 roku (б – fot. D. W. Kobyłkin)  
 Photo 5. The dynamics of the chain of barkhans , site Nomokhonovo in the Selenga river valley in the period from 1999 (а – phot. by T. Szczypek) to 2013 (б – phot. by D. V. Kobyłkin)



Фот. 6. Песчаный массив в чертах сухой степи бассейна р. Хилка, 1999 (фот. В. А. Снытко)

Fot. 6. Piaski eoliczne na obszarze suchego stepu w dorzeczu Chiłka, 1999 (fot. W. A. Snytko)  
 Photo 6. Aeolian sands in the dry steppe area, Khilok river basin, 1999 (phot. by V. A. Snytko)

наличностью отличается поверхностный горизонт глубиной 1–5 см. В долинах рек бассейна Байкала развиты классические эоловые формы рельефа, представленные дюнами, барханами, грядами, кучевыми песками, многочисленными котловинами выдувания. В настоящее время и на положитель-

ных аккумулятивных, и на отрицательных формах видны следы дефляционной переработки (ЩИПЕК и др., 2000, 2002; АГАФОНОВ, 2007). Поступательное движение песков со скоростью 3–4 м/год происходит в основном в юго-восточном направлении, по долинам рек Селенги, Чикоя и Хилка



эоловые формы рельефа перемещаются на юг (фот. 5 – среднегодовая скорость: примерно 1 м). Также, например, в бассейне Хилка, вне речных долин, на сухих степях, имеются массивы эоловых песков, частично закрепленных как травянистой, так и кустарниковой растительностью (фот. 6).

Средняя скорость площадной дефляции в Западном Забайкалье, определенная по археологическим данным, за 1000 лет составила 0,6 см/год, а измеренная по естественным реперам – 1–8 см/год (ИВАНОВ, 1966; ЩИПЕК и др., 2000). Интенсивность линейной дефляции в ветровых коридорах меридиональных сужений долин на несколько порядков выше.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показало, что в Восточной Сибири в лесостепях преобладает эоловая аккумуляция. Для степных систем характерно чередование аккумуляции и дефляции. В опустыненных степях господствует дефляционная денудация. Преобладающая интенсивность дефляции в островных степях составляет 10–50 т/га в год (БАЖЕНОВА и др., 1997; BAZHENOVA, TYUMENTSEVA, 2015). Она близка (имеет один порядок величин) со значениями годовых потерь почв от выдувания в зональных степях Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин (ИВАНОВ, 1966; САЖИН и др., 2012). Следовательно, в восточной части Евразийского пояса степей активное развитие эоловых процессов также представляет одну из серьезных проблем охраны окружающей среды, так как приводит к ухудшению экологической обстановки, разрушению почвенного покрова, значительному экономическому ущербу и другим негативным последствиям. В целом, на юге Сибири отмечается расширение области эолового рельефообразования за счет лесостепных районов.

*Статья подготовлена при поддержке РФФИ: проект № 13-05-00524 „Динамические фазы формирования озерных котловин Онон-Торейской равнины (Юго-Восточное Забайкалье)”, в рамках базового проекта Сибирского отделения Российской Академии Наук VIII.69.2.1 „Развитие рельефа и ландшафтов в верхнем плейстоцене и голоцене на юге Восточной Сибири” и проекта Президиума РАН 4.13 „Структурные и динамические изменения экосистем Южной Сибири и комплексная индикация процессов опустынивания”, а также частично в рамках многолетнего российско-польского творческого договора между Институтом географии им. В. Б. Сочавы СО РАН в Иркутске и Силезским университетом в Катовице (тема: „Исследования антропогенного влияния на ландшафты”).*

## ЛИТЕРАТУРА

- Агафонов Б. П., 1990: Экологическая динамика Байкальской рифтовой зоны. Наука, Новосибирск: 176 с.
- Агафонов Б. П., 2007: Ходульные деревья у Байкала – индикаторы антропогенных литодинамических процессов. Рельеф и человек. Научный мир, Москва: 157–165.
- Баженова О. И., Любцова Е. М., Рыжов Ю. В., Макаров С. А., 1997: Пространственно-временной анализ динамики эрозионных процессов на юге Восточной Сибири. Наука, Новосибирск: 208 с.
- Вика С., Мартыанова Г. Н., Снытко В. А., Щипек Т., 1999: Бухта Песчаная на Байкале (развеваемые пески и их окружение). ИГ СО РАН, Иркутск: 60 с.
- Вика С., Снытко В. А., Щипек Т., 1997: Ландшафты подвижных песков острова Ольхон на Байкале. ИГ СО РАН, Иркутск: 63 с.
- Иванов А. Д., 1966: Эоловые пески Западного Забайкалья и Прибайкалья. Улан-Удэ: 230 с.
- Кужутет С. К., 2005: Песчаные ландшафты и геоэкологические особенности аридных экосистем Тувы. Автореферат дис. ..канд. геогр. наук. Улан-Удэ: 21 с.
- Сажин А. Н., Васильев Ю. И., Чичагов В. П., Ларионов Г. А., 2012: Эоловый морфогенез и современный климат Евразии (ст. 1. Динамика атмосферы, блокирующие и эоловые процессы). Геоморфология, 3: 10–20.
- Щипек Т., Вика С., Снытко В. А., Буянтуев А. Б., 2000: Фации развеваемых песков Чикой-Селенгинского междуречья в Западном Забайкалье. ИГ СО РАН, Иркутск: 71 с.
- Щипек Т., Вика С., Снытко В. А., Овчинников Г. И., Выркин В. Б., Буянтуев В. А., 2002: Эоловые урочища южной части Баргузинской котловины (Забайкалье). ИГ СО РАН, Иркутск: 52 с.
- Bazhenova O., Tyumentseva E., 2015: Contemporary aeolian morphogenesis in semiarid landscapes of the intermountain depressions of southern Siberia. Catepa [Электронный ресурс] – <http://www.sciencedirect.com/science/journal/aip/03418162> (дата обращения 20.03.2015).
- Bazhenowa O. I., Martjanowa G. N., 2001: Współczesne warunki morfoklimatyczne na obszarach stepowych Azji Centralnej. Geographia, studia et dissert., 24. UŚ, Katowice: 7–20.
- Bazhenowa O. I., Martjanowa G. N., 2002: Cechy funkcjonowania systemów denudacyjnych na obszarze stepów syberyjskich. Geographia, studia et dissert., 25. UŚ, Katowice: 7–17.
- Kozyriewa E. A., Szczypek T., Trzcinskij Ju. B., 2008: Rozwiewane piaski w stanowisku Piessczanka na Olchonie (Bajkał). Acta Geographica Silesiana, 4. WNoZ UŚ, Sosnowiec: 17–24.
- Snytko W. A., Bazhenowa O. I., Lubcowa E. M., Martjanowa G. N., 1996: Warunki klimatyczne a eoliczna migracja materii w krajobrazach stepowych Syberii. W: Szczypek T., Waga J. (red.): Współczesne oraz kopal-

ne zjawiska i formy eoliczne. Wybrane zagadnienia.  
WNoZ UŚ, PK CKKRW, SGP, Sosnowiec: 119–126.  
Voronin V. I., Shlezer G. H., Khelle G., Levi K. G., 2000:  
Application of data on dynamics of wood stable iso-

topes  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  in dendroindication studies. In: Res-  
ponse of Plants to Global and Regional Changes of  
Natural Environment. Abstract Book, Irkutsk: 27–28.