

УДК 551.4

Ольга И. Баженова<sup>1</sup>, Елизавета М. Тюменцева<sup>2</sup>,  
Галина Н. Мартьянова<sup>1</sup>, Валериан А. Снытко<sup>1</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\_o49@mail.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: tyumentseva.em@yandex.ru<sup>3</sup>Силезский университет, факультет естественных наук, ул. Бендзинская 60, 41-200 Сосновец, Польша;  
e-mail: bajkal58@wp.pl

## Функционирование геоморфологических систем островных степей Сибири в условиях современных изменений климата

Bażenowa O. I., Tyumiencewa E. M., Martjanowa G. N., Snytko W. A., Szczypek T. **Funkcjonowanie systemów geomorfologicznych wyspowych stepów Syberii w warunkach współczesnych zmian klimatu.** Na podstawie czasowych serii danych i uwzględniając teoretyczne oraz empiryczne modele procesów, dokonano prognozy rozwoju systemów geomorfologicznych w warunkach ocieplania się klimatu na obszarze południowej Syberii. Wykazano dużą wrażliwość i szybką reakcję procesów erozyjnych, eolicznych i kriogenicznych na współczesne zmiany klimatyczne. Określono aktualne tendencje zmian reżimów funkcjonowania systemów geomorfologicznych przy zachowaniu trendów klimatycznych. Wydzielono regiony o różnych kierunkach rozwoju procesów morfolitogenetycznych.

Bazhenova O. I., Tyumentseva E. M., Martyanova G. N., Snytko V. A., Szczypek T. **Functioning of the geomorphological systems of the Siberian island steppes under the conditions of modern climate changes.** Based on time series data, a predictive assessment of the behavior of geomorphological systems under the conditions of climate warming in southern Siberia was performed using theoretical and empirical models of processes. The high sensitivity and rapid response of erosion, aeolian and cryogenic processes to modern climate changes are shown. The current trends in changing the modes of functioning of geomorphological systems while maintaining climate trends are determined. Areas with different directions of morpholithogenesis are identified.

**Ключевые слова:** климатические тренды, тенденции рельефообразования, морфоклиматические районы, юг Сибири, степи

**Słowa kluczowe:** trendy klimatyczne, tendencje procesów rzeźbotwórczych, regiony morfoklimatyczne, południowa Syberia, stepy

**Key words:** climate trends, terrain formation trends, morphoclimatic regions, southern Siberia, steppes

Аннотация

По данным временных рядов с помощью теоретических и эмпирических моделей процес-

сов выполнена прогнозная оценка поведения геоморфологических систем в условиях потепления климата на юге Сибири. Показана высокая чувствительность и быстрая реакция

эрозионных, эоловых и криогенных процессов на современные климатические изменения. Определены современные тенденции в изменении режимов функционирования геоморфологических систем при сохранении климатических трендов. Выделены районы с различной направленностью морфолитогенеза.

## Введение

Глобальное потепление климата оказывает влияние на ход многих природных процессов. Чувствительны к колебаниям климата и экзогенные рельефообразующие процессы. Заметных изменений морфогенеза следует ожидать в островных степях юга Сибири, отличающихся неустойчивым природным равновесием, обусловленным резко континентальным климатом, горно-котловинным рельефом, положением у южной границы криолитозоны (БАЖЕНОВА, МАРТЯНОВА, 2000). Поэтому здесь при решении вопросов рационального природопользования необходимо знать, как меняются интенсивность и направленность этих процессов и режим функционирования геоморфологических систем при колебаниях климатических параметров, т. е. становится актуальной прогнозная направленность геоморфологических исследований, методологическая база которых пока еще слабо разработана.

## Методы исследований

К числу основных методов геоморфологического прогнозирования относится экстраполяция тенденций рельефообразования (СИМОНОВ, 2005), применение которой возможно при наличии временных рядов показателей интенсивности процессов и факторов, контролирующих их ход. Применительно к островным степям юга Сибири такие ряды были получены (SNYTKO et al., 1996; БАЖЕНОВА, МАРТЯНОВА, 2000; BAŻENOWA, MARTJANOWA, 2001, 2002; БАЖЕНОВА и др., 2015), что позволяет нам рассмотреть реак-

цию процессов на современные климатические изменения.

При выявлении тенденций экзогенного рельефообразования, обусловленных изменением климата, основное внимание уделялось исследованию отклика на климатический сигнал эрозионных, эоловых и криогенных процессов, с развитием которых на юге Сибири связан ряд серьезных экологических проблем. При прогнозной оценке из большого количества теоретических и эмпирических моделей выбирались зависимости, в которых климатические параметры, характеризующие поведение процессов, обеспечены временными рядами. Правомерность их применения подтверждают экспериментальные материалы стационарных наблюдений. Коэффициенты корреляции временных и расчетных скоростей процессов достаточно высоки (БАЖЕНОВА и др., 1997).

Для оценки многолетней изменчивости ливневого смыва использовалось модифицированное в Московском университете универсальное уравнение почвенной эрозии (ЛИТВИН, 2002), в котором климатический параметр представлен эрозионным индексом ливневых осадков – суммой произведений кинетической энергии дождей на их максимальную интенсивность. Для его вычисления обработаны плювиограммы дождей слоем не менее 10 мм для 63 метеостанций юга Сибири за 35–65 лет. Смыв от стока талых вод определялся с помощью анализа многолетних рядов запасов воды в снеге. В качестве интегрального показателя изменения интенсивности эрозионных процессов во времени рассматривалась многолетняя динамика модуля стока взвешенных наносов. Этот метод обеспечен инструментальными наблюдениями и признан большинством отечественных и зарубежных исследователей наиболее точным и объективным (ГУСАРОВ, 2005). При оценке тенденций развития эоловых процессов использовались данные о количестве и продолжительности пыльных бурь, рассчитывался комплексный климатический показатель дефляции по

формуле С. Дж. УИЛСОНА и Р. У. КУКА (1984), где учитывались скорость ветра, атмосферные осадки и температура воздуха. Возможность использования этого показателя применительно к условиям Сибири была апробирована Е. М. Любцовой (БАЖЕНОВА и др., 1997).

При оценке криогенных процессов исследовались динамика глубины и скорости сезонного промерзания–оттаивания грунта, изменение температуры поверхности почвы и верхних горизонтов грунта, число дней с морозом на разной глубине деятельного слоя. Расчеты темпов деградации многолетней мерзлоты проводились по известной методике (ГРЕЧИЩЕВ, 1997), а вероятные изменения скорости медленных массовых смещений грунта – по формуле А. С. ДЕВДАРИАНИ (1964).

Для выявления тенденций изменения интенсивности процессов определялись линейные тренды рассмотренных параметров методом наименьших квадратов. В большинстве случаев при определении тенденций изменения того или иного экзогенного процесса использовались временные ряды нескольких станций и, как правило, не по одному, а по нескольким параметрам.

## Основные результаты

Рассмотрим региональные особенности климатических изменений, отмечавшихся во второй половине XX столетия и установленных на основе анализа временных рядов (БАЖЕНОВА, МАРТЪЯНОВА, 2000 и др.). Однонаправленные тенденции современных климатических изменений на рассматриваемой территории четко прослеживаются и в начале XXI века за период с 1978 по 2014 г. (БАРДИН, ПЛАТОВА, САМОХИНА, 2015). В островных степях юга Сибири в многолетнем ходе среднегодовой температуры воздуха отмечаются положительные тренды, различающиеся только по величине. За период 1966–2001 гг. в Назаровской и Красноярско-Кан-

ской лесостепях величина линейного тренда составила  $0,025^{\circ}\text{C}/\text{год}$ , в Лено-Ангарском районе она достигла регионального максимума для лесостепей –  $0,064$ , а к востоку – в Селенгинской лесостепи рост температуры снизился до  $0,040^{\circ}\text{C}/\text{год}$ .

В степных районах скорость увеличения температуры за этот же период изменяется от  $0,02$  до  $0,08^{\circ}\text{C}/\text{год}$ . Региональные оценки выявляют наибольшее положительное значение тренда в Кызыльской опустыненной и Баргузинской степях ( $0,08^{\circ}\text{C}/\text{год}$ ). Довольно интенсивное изменение температуры отмечается в Минусинских степях (метеостанции Шира, Хакасская, Уйбат), где коэффициент линейного тренда достиг  $0,06^{\circ}\text{C}/\text{год}$ . Следующими по степени потепления являются Удинские степи (Улан-Удэ, Хоринск), где линейный тренд составил  $0,05^{\circ}\text{C}/\text{год}$ . Наименьшая скорость роста температуры воздуха ( $0,03^{\circ}\text{C}/\text{год}$ ) зафиксирована в самых восточных Онон-Аргунских степях Юго-Восточного Забайкалья (Борзя, Оловянная, Приаргунск, Забайкальск, Соловьевск). Таким образом, на фоне глобального потепления климата выявлены региональные особенности островных степей Сибири, выражающиеся в снижении скорости роста средней годовой температуры воздуха с запада на восток за период 1966–1996 гг. По данным В. А. ОБЯЗОВА (1999), на территории Юго-Восточного Забайкалья изменения температуры теплового периода имеют отрицательный тренд, величина похолодания в этот сезон в течение столетия составляет около  $0,4^{\circ}\text{C}$ . И только за счет интенсивного повышения температуры в холодный период тренд среднегодовой температуры положителен.

Многолетние колебания годовых сумм осадков не имеют столь выраженной направленности. Их линейные тренды различны как по величине, так и по знаку даже внутри отдельных морфоклиматических районов, что свидетельствует о неустойчивом характере колебаний увлажнения островных степей. В лесостепных комплексах северо-западной части пояса (Красноярско-Канский

и Назаровский районы) за рассматриваемый период (с 1966 по 1996 г.) установлены положительные показатели интенсивности изменения осадков – от 0,15 до 4,1 мм/год. В Лено-Ангарской лесостепи в основном идет снижение уровня увлажнения. Отрицательные линейные тренды годового хода осадков были наиболее значительны на станциях Зима и Хомутово (-1,6...-1,5 мм/год). Это максимальные отрицательные значения для исследуемой территории. Рост осадков здесь наблюдается только на ст. Усть-Орда (1,2 мм/год). В Селенгинской лесостепи (Бичура, Мухоршибирь) отмечено небольшое увеличение среднегодовых сумм осадков в последние десятилетия при коэффициенте линейного тренда 0,1–0,2 мм/год. В Минусинском степном морфоклиматическом районе характер колебаний осадков также неустойчив, их линейный тренд изменяется от +0,8 мм/год (Хакасская, Уйбат) до -0,5 мм/год (Шира). Койбальский предгорно-степной район отличается большой интенсивностью роста увлажнения, где тренд составил 2,5 мм/год, т. е. за 30 лет осадки увеличились почти на 75 мм.

Оценка тренда осадков в опустыненном степном Кызыльском районе свидетельствует об его усиленном иссушении за рассматриваемый период, количество осадков здесь снизилось на 30–45 мм. В Приольхонье происходит максимальное снижение увлажненности, тренд составил -1,17 мм/год. В Убсунурской котловине, напротив, согласно исследованиям К. В. ЧИСТЯКОВА, И. Г. МОСКАЛЕНКО, Е. С. ЗЕЛЕПУКИНОЙ (2009), отмечается устойчивая тенденция к повышению годовых сумм осадков (тренд к увеличению на 78 мм за последние 100 лет), на которую накладываются мощные вековые ритмы увлажненности и периодически возникающие 20–30-летние колебания.

Необходимо отметить, что в основном на всей территории степей Забайкалья (Западного и Восточного) отмечался рост осадков, характеризующийся трендом от 0,1 до 3,3 мм/год. Исключение составил лишь Се-

ленгинско-Хилокский район, где шло небольшое снижение осадков, оцениваемое коэффициентом линейного тренда 0,6 мм/год. В Удинском сухостепном районе наблюдался рост осадков со скоростью 0,53 мм/год. В Баргузинской степи увлажнение оставалось почти стабильным, что показал небольшой положительный тренд осадков (0,1 мм/год).

На территории Онон-Аргунской степи, судя по величине трендов, наблюдалось наиболее интенсивное увеличение увлажнения. Региональный тренд зафиксирован на уровне 2,1 мм/год, т. е. за прошедшие 30 лет годовая сумма возросла на 60–65 мм, что составило около 20% их годовых сумм. На отдельных станциях скорости роста осадков различаются существенно. Так, в районе бессточных Торейских озер (Соловьевск) количество осадков увеличилось слабо (тренд 0,6 мм/год), а по данным станции Забайкальск рост их сумм оценивался максимальной величиной тренда – 3,3 мм/год. Увеличение увлажненности территории за счет роста количества атмосферных осадков вызвало повышение стока рек и уровня бессточных озер (ОБЯЗОВ, 1999).

Интегральной характеристикой климатического режима выступает коэффициент континентальности, показывающий степень изменчивости хода экзогенных процессов во времени. Его расчет основан на годовой амплитуде температур с учетом широты местности. В связи с наблюдающимся потеплением холодного периода и мало меняющимися температурами теплого отмечается снижение годовой амплитуды температуры воздуха, а значит, и континентальности климата на всей территории островных степей Сибири. Коэффициент континентальности по данным метеостанций на всей территории за рассматриваемые 30 лет варьировал от 49 до 87 в то время как за период инструментальных наблюдений до 1965 г. – от 54 до 96.

Таким образом, на фоне глобального потепления в степях и лесостепях Сибири на-

блюдается некоторое снижение континентальности климата. Климатические изменения вызывают изменения в функционировании геоморфологических систем. Наличие экспериментальных и расчетных данных о поведении геоморфологических процессов в островных степях юга Сибири позволяет нам рассмотреть возможные направления

трансформации режимов их функционирования в условиях отмечающихся региональных изменений климата. Результаты вычислений трендов объединены в табл. 1, характеризующей чувствительность различных зонально-секторных типов морфодинамических систем к климатическим колебаниям.

Таблица 1. Изменения экзогенных процессов, обусловленные климатическими трендами  
Tabela 1. Zmiany procesów geomorfologicznych uwarunkowane trendami klimatycznymi  
Table 1. Changes in geomorphological processes, conditioned by climate trends

| Морфоклиматический район | Климатические тренды                        |                           | Направленность процессов |                         |         |           |                        |
|--------------------------|---|---------------------------|--------------------------|-------------------------|---------|-----------|------------------------|
|                          | Средне-годовая температура воздуха, °С /год | Годовая сумма осадков, мм | Бассейновая эрозия       | Склоновый ливневой смыв | Нивация | Дефлюкция | Эоловые (пыльные бури) |
| 1.Назаровский            | 0,025                                       | 1,06                      | +                        | +                       | 0       | +         | -                      |
| 2.Красноярско-Канский    | 0,025                                       | 0,13                      | +                        | +                       | 0       | -         | -                      |
| 3.Лено-Ангарский         | 0,064                                       | -0,95                     | -                        | 0                       | -       | -         | +                      |
| 4.Селенгинский           | 0,04  | 0,15                      | -                        | -                       | 0       | -         | +                      |
| 5.Койбальский            | 0,05  | 2,50                      | +                        | +                       | +       | +         | +                      |
| 6.Минусинский            | 0,06  | 1,14                      | +                        | -                       | 0       | 0         | -                      |
| 7.Баргузинский           | 0,08  | 0,09                      | -                        | -                       | 0       | 0         | -                      |
| 8.Селенгинско-Хилокский  | 0,05  | -0,55                     | -                        | -                       | 0       | -         | 0                      |
| 9. Онон-Аргунский        | 0,03  | 2,13                      | +                        | +                       | +       | +         | +                      |
| 10. Удинский             | 0,05  | 0,53                      | -                        | 0                       | 0       | 0         | 0                      |
| 11.Приольхонский         | 0,04  | -1,17                     | -                        | -                       | -       | -         | +                      |
| 12.Кызыльский            | 0,08  | -0,99                     | -                        | +                       | 0       | -         | +                      |
| 13.Убсунурский           | 0,05  | 0,49                      |                          | +                       | +       | -         | -                      |

Примечание: Знак „+“ - повышение интенсивности процессов; „0“ - без изменения; „-“ - понижение интенсивности.

При анализе трендов учитывалось, что каждый тип систем отличается своими „стартовыми“ (базовыми) режимами функционирования (рис. 1). Дальнейшая трансформация режимов экзогенного рельефообразования происходит в зависимости от

этого базового уровня, от чувствительности систем к климатическим колебаниям и характера климатического сигнала (соотношения трендов тепла и влаги). Наиболее высокой чувствительностью отличаются предгорно-степные системы (Койбальская степь),

степные центрально-азиатские, переходные лесостепные и опустыненно-степные системы, где изменяется более 75% анализируемых параметров. Слабая чувствительность к происходящим климатическим изменениям свойственна сухостепным системам

Удинского района, сформированным на мощной песчаной литогенной основе (изменяется менее 25% анализируемых параметров). Для остальных типов систем характерна средняя чувствительность.

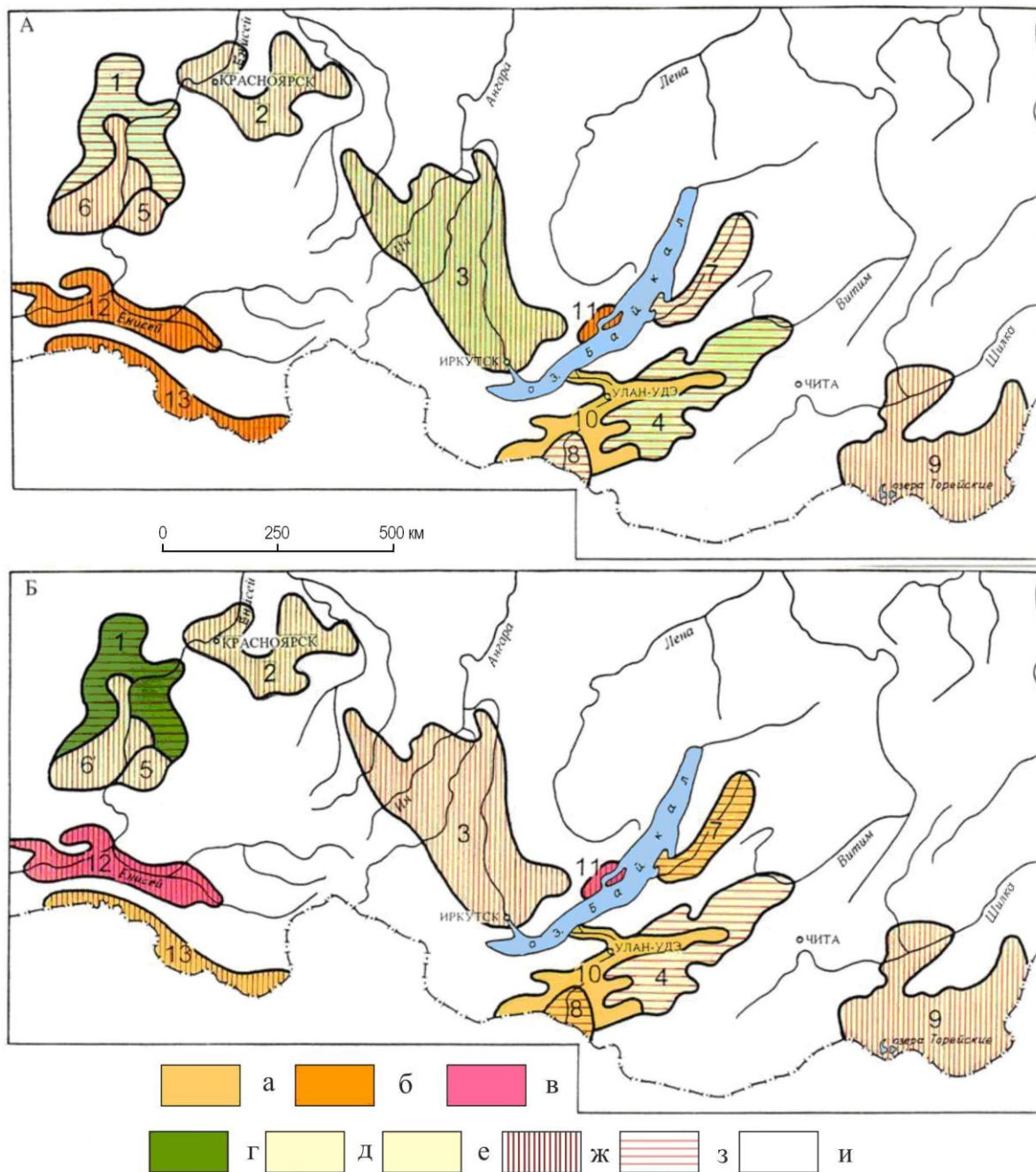


Рис. 1. Базовые (до 1980 г.) режимы функционирования геоморфологических систем в островных степях юга Сибири (А) и вероятные их изменения при сохранении современных климатических трендов (Б):

Типы режимов морфогенеза: а – сухостепной, б – опустыненный, в – полупустынный, г – подтаежный, д – лесостепной, е – степной. Изменение интенсивности экзогенного рельефообразования: ж – повышение, з – понижение, и – без изменения.

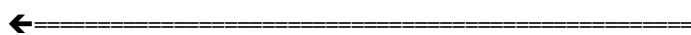
1–13 – морфоклиматические районы (см. табл. 1)

Лимитирующим фактором изменения режимов функционирования систем выступает влага. В районах с высокими темпами роста атмосферного увлажнения повышается энергетическая база рельефообразования, здесь отмечаются положительные тренды экзогенных процессов. Такой гумидный тип трансформации режимов функционирования систем характерен для Койбальского, Онон-Аргунского и Назаровского районов.

При сохранении климатической тенденции (повышение атмосферного увлажнения) в Койбальской предгорной степи с учетом ее базовых режимов следует ожидать развития процессов, свойственных лесостепям. В последние годы (с 2013 по 2020) здесь также наблюдаются влажные (с суммой осадков более 600 мм в год) и относительно теплые (средняя годовая температура +2,1 ... 3,9°C) условия функционирования геосистем. В этот период сильных ливней не было. В результате малые эрозионные формы начали активно зарастать. Кроме того, стали зарастать заброшенные пашни ильмом мелколистным (*Ulmus parvifolia*). Это явление характерно для разных регионов Южно-Минусинской котловины. Заросшие поля встречаются вдоль автомобильной дороги от Саяногорска до Абакана и от Абакана до Ширь.

Активное зарастание полей отмечается и вокруг ключевого участка Новониколаевского стационара (фот. 1).

В Назаровской лесостепи будет повышаться роль медленных массовых движений грунта (дефлюкция), оползневых и обвально-осыпных процессов, а также флювиальной деятельности, т. е. получают развитие процессы, свойственные подтаежным территориям. Тенденция снижения увлажненности в настоящее время хорошо выражена в Лено-Ангарском лесостепном районе, в котором возрастает роль эоловой миграции вещества, в Селенгинско-Хилокской степи, а также в опустыненных степях Тувы и Приольхонья, где трансформация экзогенных режимов идет по аридному типу. Высокие темпы потепления в сочетании с постепенным сокращением атмосферных осадков, а также с антропогенной ксероморфизацией и деградацией почвенно-растительного покрова будут способствовать расширению ареалов с сухостепным морфогенезом (Баргузинский, Удинский, Убсунурский, Селенгинско-Хилокский районы), в Кызыльском и Приольхонском районах современные климатические тренды создают вероятность появления полупустынного типа морфогенеза.

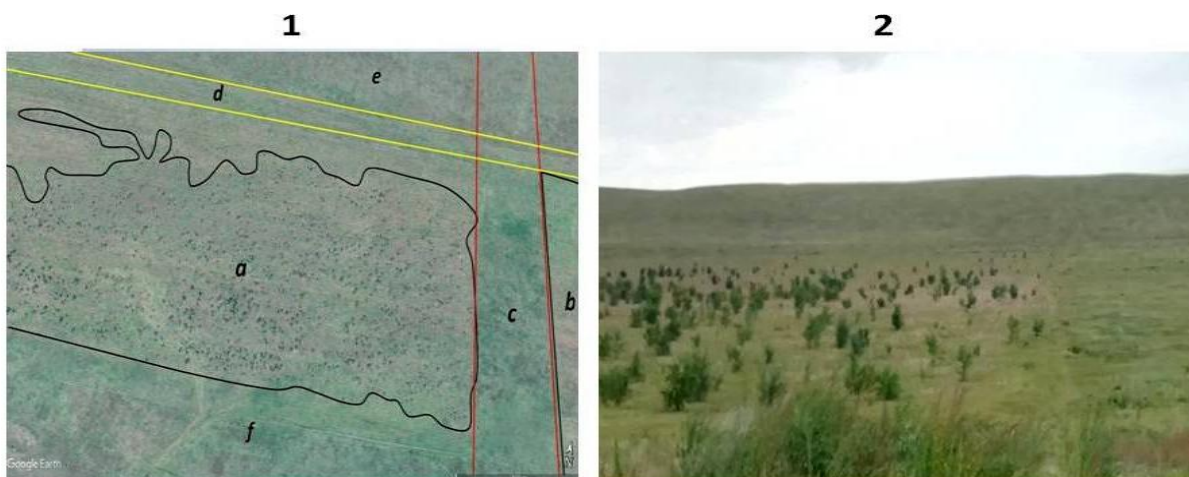


Rys. 1. Podstawowe (do 1980 r.) reżimy funkcjonowania systemów geomorfologicznych na stepach wyspowych południowej Syberii (A) i prawdopodobne ich zmiany w warunkach współczesnych trendów klimatycznych (B):

Типы режимоў морфогенетычных: а – suchy stepowy, б – pustynniejący, в – półpustynny, г – podtajgowy, д – lasostepowy, е – stepowy. Zmiana intensywności egzogenicznych procesów rzeźbotwórczych: ж – wzrost, з – spadek, и – bez zmian; 1–13 – regiony morfoklimatyczne (por. tab. 1).

Fig. 1. Base (to 1980 year) regimes of functioning geomorphological systems of island steppes of southern Siberia (A) and likely their changes under the conditions of preservation of present day climatic trends (B): Regime types of geomorphological processes: a – dry steppe, б – desertifying, в – semidesert, г – subtaiga, д – forest-steppe, е – steppe. Changes in intensity of exogenic geomorphological processes: ж – increase, з – decrease, и – no change. 1–13 – morphoclimatic regions (see table 1).





Фот. 1. Зарастание полей в Койбальской степи:

1 – участок межгрядового понижения вблизи с. Новониколаевка: поле, зарастающее ильмом (на снимке темно-зеленые точки) (a), поле без кустарников (b), днище суходола (полигон-трансект Новониколаевского физико-географического стационара) (c), дорога (d), склон южной экспозиции северной гряды (e), склон северной экспозиции южной гряды (f). Снимок Google Earth, 2021.

Координаты: N 53° 11' 24"; E 91° 14' 36". 2 – фотоснимок того же участка, 22 августа 2020 г.

Фото Е.М. Тюменцевой.

Fot. 1. Zarastanie pól na Stepie Kojbalskim:

1 – fragment obniżenia między grzbietami w pobliżu wioski Nowonikołajewka: a – pole zarastające wiązem *Ulmus parvifolia* (na fotografii ciemnozielone punkty), b – pole bez krzewów, c – dno suchej doliny (poligon-transekt nowonikołajewskiej fizycznogeograficznej stacji badawczej), d – droga, e – stok południowej ekspozycji grzbietu północnego, f – stok północnej ekspozycji grzbietu południowego. Obraz Google Earth, 2021, współrzędne: N 53° 11' 24"; E 91° 14' 36"; 2 – fotografia tego samego fragmentu obniżenia – 22 sierpnia 2020 roku (fot. E. M. Tiumientsewa)

Photo 1. Overgrowing fields of Koybalsk Steppe:

1 – fragment of valley between ridges near Novonikolaevka village: a – field overgrown by elm *Ulmus parvifolia*. (in the image dark green points, b – field without shrubs, c – the bottom of a dry valley (ground-transect of Novonikolaevsk physical-geographical research-station), d – road, e – south facing slope of northern ridge, f – northern facing slope of southern ridge. Image Google Earth, 2021. Coordinates: N 53° 11' 24"; E 91° 14' 36". 2 – photograph of the same fragment of field, 22 August 2020.

Phot. by E. M. Tyumentseva.

## Заключение

Таким образом, эрозионные, эоловые и криогенные процессы субаридных ландшафтов отличаются высокой чувствительностью и быстрой реакцией на отмечающееся потепление климата. На большей части исследуемой территории усиливается эоловая миграция вещества и ослабляется интенсивность эрозионных процессов. В северо-западной части пояса эти тенденции обратны. Переходная зона, где происходит смена направленности морфогенеза, отличается наибольшей стабильностью с малой вели-

чиной климатических и геоморфологических трендов. В целом под влиянием современных региональных изменений климата в островных степях юга Сибири повышаются разнообразие и контрастность режимов экзогенного рельефообразования. В соответствии с прогнозами о дальнейшем потеплении климата юга Сибири в XXI в. (ИЗРАЭЛЬ, ПАВЛОВ, АНОХИН, 1999) следует ожидать, что выявленные тенденции сохранятся здесь и в будущем. По данным прогноза изменений зональных условий ландшафтов по признакам климата на основе технологии нейросетей, на юге Средней Си-



бири при росте летних температур на 1–2°C, а зимних – на 3–4°C, ожидается уменьшение лесистости на южной окраине бореальной области даже при условии увеличения годовых сумм осадков на 30–50 мм (НАЗИМОВА, НОЖЕНКОВА, ПОГРЕБНАЯ, 1999). Причем климатические условия будущего будут способствовать продвижению лесостепей на север и восток, а степей – на север и юг – на современные полупустыни (КОБАК, КОНДРАШЕВА, 2000). В этой связи возникает вероятность не только дальнейшего изменения интенсивности процессов эрозии и дефляции почв, но и расширения площади их развития, что следует учитывать при планировании природопользования.

## Литература

- Баженова О. И., Кобылкин Д. В., Мартыанова Г. Н., Снытко В. А., Тюменцева Е. М., Щипек Т., 2015: Современное эоловое рельефообразование в степях и лесостепях юга Восточной Сибири. *Acta Geographica Silesiana*, 19. WNoZ UŚ, Sosnowiec: 29–38.
- Баженова О. И., Любцова Е. М., Рыжов Ю. В., Макаров С. А., 1997: Пространственно-временной анализ динамики эрозионных процессов на юге Восточной Сибири. Наука, Сиб. отделение, Новосибирск: 208 с.
- Баженова О. И., Мартыанова Г. Н., 2000: Реакция степных и лесостепных морфодинамических систем на современное изменение климата. *География и природ. ресурсы*, 4: 23–32.
- Бардин М. Ю., Платова Т. В., Самохина О. Ф., 2015: Особенности наблюдаемых изменений климата на территории Северной Евразии по данным регулярного мониторинга и возможные их факторы. *Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации*, 358: 13–35.
- Гречищев С. Е., 1997: Прогноз оттаивания и распределения вечной мерзлоты и изменения криогенного растрескивания грунтов на территории России при потеплении климата. *Криосфера Земли*, 1, 1: 59–65.
- Гусаров А. В., 2005: Тенденции изменения эрозии и стока взвешенных наносов на Земле во второй половине XX столетия: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Казань: 31 с.
- Девдариани А. С., 1964: Измерение перемещений земной поверхности. Наука, Москва: 244 с.
- Израэль Ю. А., Павлов А. В., Анохин Ю. А., 1999: Анализ современных и ожидаемых в будущем изменений климата и криолитозоны в северных регионах России. *Метеорология и гидрология*, 3: 18–27.
- Кобак К. И., Кондрашева Н. Ю., 2000: Возможные изменения размеров степной зоны России под влиянием глобального потепления климата в XXI столетии. *Современные проблемы ботанической географии, картографии, геоботаники, экологии*. Санкт Петербург: 170–171.
- Литвин Л. Ф., 2002: География эрозии почв сельскохозяйственных земель России. Академкнига, Москва: 256 с.
- Назимова Д. И., Ноженкова Л. Ф., Погребная Н. А., 1999: Применение технологии нейросетей для классификации прогноза изменений зональных условий ландшафтов по признакам климата. *География и природ. ресурсы*, 2: 117–122.
- Обязов В. А., 1999: Вековые тенденции изменений климата на юго-востоке Забайкалья и в сопредельных районах Китая и Монголии. *Метеорология и гидрология*, 10: 33–40.
- Симонов Ю. Г., 2005: Методологические проблемы современной геоморфологии. Новые и традиционные идеи в геоморфологии: V Щукинские чтения. Изд-во Моск. ун-та, Москва: 28–38.
- Уилсон С. Дж., Кук Р. У., 1984: Ветровая эрозия. В: *Эрозия почвы*. Колос, Москва: 296–338.
- Чистяков К. В., Москаленко И. Г., Зелепукина Е. С., 2009: Климат Убсунурской впадины: пространственная модель. *Изв. РГО*, 141, 1: 44–61.
- Bażenowa O. I., Martjanowa G. N., 2001: Współczesne warunki morfoklimatyczne na obszarach stepowych Azji Centralnej. *Geographia, studia et dissert.*, 24. UŚ, Katowice: 7–20.
- Bażenowa O. I., Martjanowa G. N., 2002: Cechy funkcjonowania systemów denudacyjnych na obszarze stepów syberyjskich. *Geographia, studia et dissert.*, 25. UŚ, Katowice: 7–17.
- Snytko W. A., Bażenowa 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 kopalne zjawiska i formy eoliczne. Wybrane zagadnienia*. WNoZ UŚ, PK CKKRW, SGP, Sosnowiec: 119–126.

*Поступила в редакцию: 30 июня 2021*

*Wpłynął do redakcji: 30 czerwca 2021*

*Received: 30 June 2021*