

Вестник Рязанского государственного университета имени С. А. Есенина. 2024. № 1 (82). С. 176–187.
The Bulletin of Ryazan State University named for S. A. Yesenin. 2024; 1 (82): 176–187.

Научная статья
УДК 627.15(282.256.34)
DOI 10.37724/RSU.2024.82.1.017

Высотная дифференциация русел и долин малых рек горно-котловинной части бассейна реки Иркут

Ольга Витальевна Безгодова

Институт географии имени В. Б. Сочавы Сибирского отделения
Российской академии наук, Иркутск, Россия
ola.bezgodova.23@yandex.ru

Аннотация. Малые реки — важная часть речной системы, которая чутко реагирует на изменения компонентов природных комплексов. При резком изменении элементов речных долин и русел, особенно в условиях рифтогенеза, может произойти перестройка малой речной сети, смена типов долин, а также прекращение русловых процессов. В настоящее время существует необходимость исследования малых рек горно-котловинной части бассейна реки Иркут из-за их малой изученности в связи с активным хозяйственным освоением днищ котловин Тункинской системы и расширением площади особо охраняемых природных территорий. В работе поставлена цель выявить распределение типов долин и русел малых рек по высотным поясам территории исследования. Проведена типизация долин и русел малых рек на основе данных полевых исследований, анализа разновременных космических снимков и данных дистанционного зондирования. На основе цифровой модели рельефа ALOS DSM получены параметры площадного пространства экзогенных процессов рельефообразования, выполнена увязка высотных поясов с нефлювиальными и флювиальными экзогенными процессами.

Отмечена закономерная смена типов долин и русел от высокогорного пояса к низкогорному: в зоне преобладающей денудации в верхних течениях малых рек развиты долины V-образной и троговой формы с карами с врезанными извилистыми и разветвленно-извилистыми руслами с наледеобразованием; в среднегорном поясе отмечен активный снос рыхлого материала (зона транзита), где формируются U-образные долины с широкопойменными извилистыми и разветвленно-извилистыми типами русел с наледеобразованием; в низкогорном поясе расположена зона аккумуляции вещества в пределах трапециевидных долин с адаптированными извилистыми и разветвленно-извилистыми типами русел.

Ключевые слова: Байкальская рифтовая зона, высотные пояса, малые реки, морфогенетические типы долин, морфодинамические типы русел, экзогенные процессы.

Для цитирования: Безгодова О. В. Высотная дифференциация русел и долин малых рек горно-котловинной части бассейна реки Иркут // Вестник Рязанского государственного университета имени С. А. Есенина. 2024. № 1 (82). С. 176–187. DOI: 10.37724/RSU.2024.82.1.017.

Original article

Altitudinal differentiation of riverbeds and valleys of minor rivers in the mountain-basin part of the Irkut River basin

Olga V. Bezgodova

Institute of Geography named after V. B. Sochava, Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia
ola.bezgodova.23@yandex.ru

Abstract. Minor rivers are an important part of the river system, which is sensitive to changes in the components of natural complexes. With a great change in the elements of river valleys and riverbeds, especially under rifting conditions, there can occur a restructuring of minor rivers network, a change in the types of valleys,

and also a cessation of riverbed evolution. Currently, there is a need to study the minor rivers of the mountain-depression part of the Irkut River basin, due to insufficient data and to the active economic development of the depressions in the Tunkin system and the expansion of the area of specially protected natural areas. The goal of the study is to identify the distribution of types of valleys and channels of minor rivers along the altitudinal zones of the area. We have carried out a typification of the valleys and beds of minor rivers, based on field research data, analysis of multi-temporal satellite images and remote sensing data. Based on the digital relief model ALOS DSM, the parameters of the areal distribution of exogenous processes of relief formation were obtained, and the altitudinal belts were linked with non-fluvial and fluvial exogenous processes.

A natural change in the types of valleys and channels from the high-mountain belt to the low-mountain belt has been noted: in the zone of prevailing denudation in the upper reaches of small rivers, there develop V-shaped and trough-shaped valleys with incised winding and branched-winding channels with ice formation; in the mid-mountain belt, active removal of loose material is noted (transit zone), where U-shaped valleys with wide-floodplain sinuous and branched-sinuuous types of channels with ice formation are formed; in the low-mountain belt there is a zone of accumulation of matter within trapezoidal valleys with adapted sinuous and branched-sinuuous types of channels.

Keywords: Baikal riftzone, altitudinal zones, minor rivers, morphogenetic types of valleys, morphodynamic types of channels, exogenous processes.

For citation: Bezgodova O. V. Altitudinal differentiation of riverbeds and valleys of minor rivers in the mountain-basin part of the Irkut River basin. *The Bulletin of Ryazan State University named for S. A. Yesenin*. 2024; 1 (82):176–187. (In Russ.). DOI: 10.37724/RSU.2024.82.1.017.

Введение

Большой интерес в связи с малой изученностью в русловедении и высокой чувствительностью от внешних изменений представляют малые реки. К малым рекам относятся водотоки длиной не более 100 км и с площадью бассейна в пределах 1–2 тыс. км² [Бутаков, Дедков, Кичигин [и др.], 1996]. Для расширения понятия некоторые авторы включают расход воды, где к малым относят реки с расходом до 50 м³/с или до 100 м³/с [Корытный, 1984]. Современный облик рельефа малых речных бассейнов изучаемой территории сформирован одновременным воздействием эндогенных и экзогенных рельефообразующих процессов, при этом сами бассейны относятся к сложным денудационным формам рельефа флювиального происхождения [Симонов, Симонова, 2004]. Речные бассейны напрямую связаны с рельефом поверхности и ландшафтами, образуя единую структурно-функциональную целостность с упорядоченными процессами.

Малые реки горно-котловинной части бассейна реки Иркут расположены в пределах Байкальской рифтовой зоны, для которой характерно активное взаимодействие эндогенных и экзогенных процессов. Гидрологический режим малых рек зависит от особенностей рельефа территории бассейнов, который формируется под влиянием различных экзогенных геоморфологических процессов. Малые реки быстро реагируют на изменения в динамике протекания природных факторов, а нарушение целостности компонентов малой речной сети может привести к локальной деградации речной системы. Существует вероятность интенсивного преобразования бассейнов, долин и русел малых рек в горно-котловинной части бассейна реки Иркут из-за различных природных факторов (тектонические, геолого-геоморфологические и климатические). Исследования малых рек Южной Сибири, особенно в пределах Тункинской системы котловин, редки [Захаров, Кичигина, 2011 ; Безгодова, 2022]. Некоторые аспекты влияния высотной поясности на структуру экзогенных процессов рассмотрены в работах российских ученых [Пластинин, Ступин, 2013 ; Ермолаев, Шарифуллин, Голосов, Сафаров, 2015], а также зарубежных [Macklin, Brewer, Hudson-Edwards [et al.], 2006 ; Theler, Reynard, 2011]. Взаимосвязь между нефлювиальными процессами с флювиальными на разных высотных поясах вместе с дифференциацией типов долин и русел малых рек для территории котловин Тункинской системы до этого исследования не изучена.

В работе поставлена цель выявить связь в распределении типов долин и русел малых рек по высотным поясам территории горно-котловинной части бассейна реки Иркут. Выполнены следующие задачи: 1) проанализировать морфологию рельефа и площадное распространение экзогенных геоморфологических процессов; 2) выделить основные высотные пояса экзогенных процессов рельефообразования; 3) выявить набор нефлювиальных экзогенных процессов по высотным поясам согласно районам исследования; 4) распределить типы долин и русел малых рек по высотным поясам.

Основная часть

Объект и общие физико-географические особенности территории исследования

Исследование проводилось в пределах системы Тункинских котловин (Быстринская, Торская, Тункинская, Туранская, Хойтогорльская, Мондинская) и их горного обрамления (хребты Хамар-Дабан и Тункинские Гольцы), а также верховья реки Иркут (массив Мунку-Сардык и район Нуху-Дабан (рис. 1)). Бассейн реки Иркут расположен на контакте Алтае-Саянской горной области и Сибирской платформы, входит в Саяно-Байкальскую горную провинцию [Нагорья Прибайкалья и Забайкалья, 1974]. Площадь изучаемой горно-котловинной части — 8 283 км². Рассмотрены малые реки — притоки Иркуты протяженностью от 5 км и площадью водосбора от 5 км².

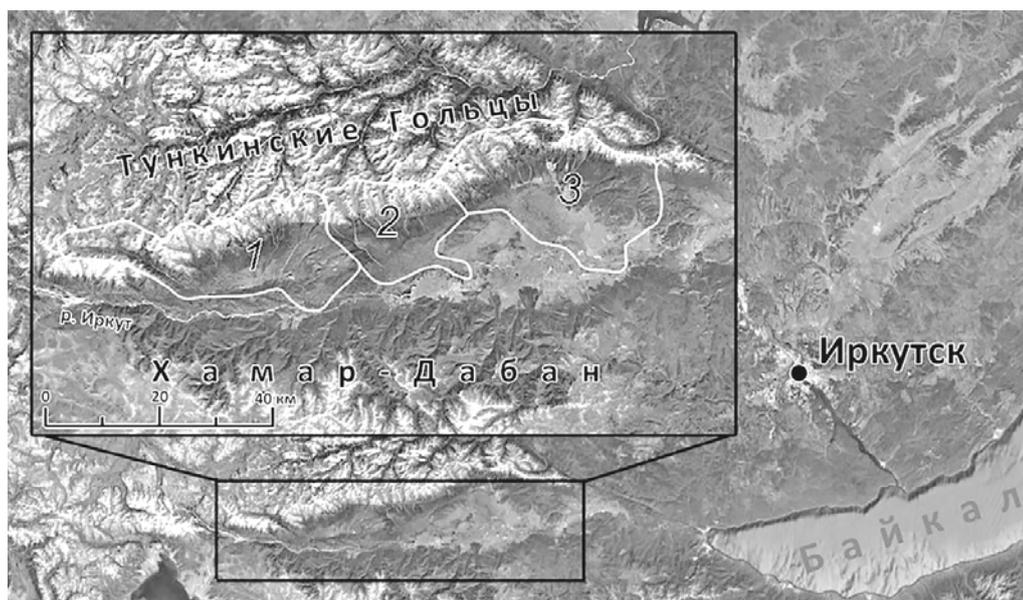


Рис. 1. Схема расположения Тункинских котловин (снимок *Maxar*, 2021 год)

Примечание: котловины: 1 — Быстринская, 2 — Торская, 3 — Тункинская, 4 — Туранская, 5 — Хойтогорльская, 6 — Мондинская.

В геологическом строении территории преобладают трудно размываемые породы (магматические гранитоиды, интрузии и др.), которые имеют повышенную стойкость к разным типам выветривания, в том числе речной эрозии, по сравнению с осадочными породами (комплекс терригенно-карбонатно-вулканогенных отложений днищ котловин, массива Мунку-Сардык) [Государственная геологическая карта ... , 2012]. Легко размываемые породы (чаще рыхлые четвертичные отложения) залегают преимущественно в днищах котловин и имеют широкий спектр генетических типов: аллювиальные, озерно-аллювиальные, пролювиальные, делювиальные, флювиогляциальные и др. [Выркин, Кузьмин, Снытко, 1991].

Зоны опускания и воздымания в пределах Байкальской рифтовой зоны определили горно-котловинный тип рельефа, что привело к формированию центростремительного типа речных систем малых водотоков. Это сказывается на эрозионно-аккумулятивном процессе в пределах речных долин: в областях современного опускания преобладают процессы боковой эрозии и аккумуляция отложений, в областях поднятия земной коры — активный эрозионный врез, вынос рыхлых отложений. Немаловажным является наличие тектонических разломов (Тункинский, Мондинский, Главный Саянский разлом), тектонической трещиноватости пород, сейсмической активности и др.

Особенности климата вместе с широтной ориентацией основных орографических элементов (хребты Хамар-Дабан и Тункинские Гольцы) привели к формированию региональных

особенностей атмосферной циркуляции (максимум осадков в летний период (до 80 % [Белоусов, Будэ, Радзиминович, 2000]) и отрицательная среднегодовая температура [Василенко, Воропай, 2015]), при этом существуют участки с местными климатическими условиями. Между горной и котловинной частью существует градиент температур воздуха: в горной части зимы теплее на 7 °С, а лето прохладнее на 0,9 °С. Разница годовых осадков между горным обрамлением и центральными частями котловин — 146 мм [Василенко, Воропай, 2015]). Сплошная, прерывистая и островная многолетняя мерзлота в долинах и на междуречьях малых рек [Лещиков, 1978] влияют на динамику поверхностного и подземного стока (сдерживают сток), усиливают процессы болотообразования.

Методика исследований

Для анализа морфологии рельефа и площадного распространения экзогенных процессов на изучаемой территории использовались классификация и картографирование форм рельефа бассейнов малых рек на основе концепции «геоморфонов», представляющих собой элементарные единицы местности. Методика «геоморфонов», разработанная J. Jasiewicz и T. F. Stepinski [Jasiewicz, Stepinski, 2013], состоит в распознавании элементарных форм, которые идентифицируются целостно по характеру локального рельефа в выделы, называемые «геоморфонами» (геоморфологические фонотипы).

Карта геоморфонов получена автором статьи в программе SAGA GIS (версия 7.8.1) на основе цифровой модели рельефа ALOS DSM 30 м, оформление и анализ данных выполнены в программе ArcGIS 10 (ESRI Inc.). В SAGA GIS проводилась подготовка ЦМР (смена координатной системы и гидрологическая коррекция). На основе готовой модели получены границы высотных поясов. С помощью модуля “Geomorphons” из пакета модулей “Terrain Analysis” в SAGA GIS создана карта геоморфонов на территорию исследования.

Типизация речных долин проведена в соответствии с классификацией Г. С. Ананьева, Ю. Г. Симонова, А. И. Спиридонова [Ананьев, Симонов, Спиридонов, 1992]. На рассматриваемой территории выделены следующие морфологические типы малых речных долин: теснина, ущелье, V-образный, троговая долина, трапециевидный, параболический (U-образный) и планиморфный. Типы определялись с учетом ширины днища, крутизны бортов, характера сочленения поймы с террасами и склонами, строения рыхлых толщ. Типизация русел малых рек проводилась на основе морфодинамической классификации речных русел МГУ имени М. В. Ломоносова [Чалов, 2008].

Для определения типов русловых процессов и их деформаций использовались разновременные космические снимки *Maxar* в программе Google Earth Pro за 2010–2022 годы, космические снимки *ESRI* за 2021–2023 годы и топографические карты (1989 год, М 1:100 000 [Карта ... , 1989]) в программе SAS Planet, данные полевых исследований за 2018–2023 годы. Привязка, оцифровка и анализ космических снимков проводились с помощью QGIS 3.22.

Полученные результаты и обсуждение

Для горно-котловинной части бассейна реки Иркут характерна вертикальная поясность экзогенных процессов рельефообразования в пределах хребтов Хамар-Дабан и Тункинские Гольцы, массива Мунку-Сардык и района Нуху-Дабан, абсолютные высоты которых варьируются от 900 до 3 491 м (амплитуда высот — 2 591 м). С повышением абсолютной высоты поверхности меняется характеристика природных условий речных бассейнов, пояса рельефа определяют ландшафтную и климатическую поясность территории (в том числе и набор экзогенных процессов рельефообразования).

С помощью методики геоморфонов в пределах изучаемой территории выделено 9 классов геоморфологических фонотипов: наибольшую площадь занимают геоморфоны склон (38,5 %), отрог (16,7 %), долина (13,8 %) и ложбина (13,4 %). Наименьшую — хребет (9,7 %), подножие (3,2 %), впадина (2,2 %), вершина (1,5 %), уступ (1 %). Далее полученные геоморфоны соотнесены с типами рельефа и экзогенными геоморфологическими процессами, которые являются ведущими в их пределах (табл. 1).

Соотношение выделенных геоморфонов и типов рельефа территории бассейнов малых рек горно-котловинной части бассейна реки Иркут¹

Геоморфон	Форма рельефа или тип рельефа, соответствующая(ий) этому геоморфону	Экзогенный геоморфологический процесс	Процент от общей площади участка
Высокогорный пояс (2 600–3 491 м)			
Вершина (peak)	остроконечные и плоские вершины, выработанные ледниково-экзарационными процессами	гравитационно-склоновый, криогенный (криогенное выветривание), ледниково-экзарационный	1,5
Хребет (ridge)	узкие сглаженные водоразделы между эрозионными долинами. участки плоских поверхностей базальтового плато	гравитационно-склоновый, криогенно-склоновый, криогенный (криогенное выветривание)	9,7
Среднегорный пояс (1 800–2 600 м)			
Уступ (shoulder)	резкие крутосклонные части вершин и эрозионных долин	криогенно-склоновый	1
Отрог (spur)	небольшие и узкие эрозионные останцы между эрозионными долинами	криогенно-склоновый	16,7
Низкогорный пояс (1 000–1 800 м)			
Подножие (footslope)	слабонаклонные участки предгорной наклонной равнины	склоновый водно-эрозионный, криогенный	3,2
Днища котловин (648–1 400 м)			
Ложбина (hollow)	слабонаклонные поверхности преимущественного транзита вещества	склоновый водно-эрозионный, криогенный	13,4
Впадина (depression)	пониженные поверхности преимущественной аккумуляции вещества	биогенный (заболачивание), криогенный	2,2
Сквозные системы (750–3 200 м)			
Долина (valley)	долины постоянных и временных водотоков	флювиальный (речная эрозия, селевые процессы)	13,8
Склон (slope)	склоны от очень крутых до пологих (осыпные, обвальные, дефлюкционные, делювиальные)	склоновый водно-эрозионный, гравитационно-склоновый, криогенно-склоновый	38,5

Наибольшая доля среди экзогенных процессов рельефообразования на территории бассейнов малых рек принадлежит гравитационно-склоновым, флювиальным, криогенно-склоновым, криогенным и склоновым водно-эрозионным процессам. Преобладают по площади геоморфоны «склон» и «долина», которые являются сквозными и занимают наибольший диапазон высот.

Далее полученная информация использована для анализа высотного распределения экзогенных процессов.

В пределах территории исследования можно выделить 4 высотных пояса экзогенных процессов рельефообразования: высочайший, верхний, средний, нижний. Высочайший пояс занимает наименьшую площадь и приурочен только к массиву Мунку-Сардык на высотах 3 350–3 491 м. Пояс выделен по причине наличия современного оледенения в пределах территории исследования площадью 0,3 км². Для пояса характерно морозное выветривание, образующее курумы, отмечено наличие снежников и ледников с выходами коренных пород, а также развитие нивально-гравитационных процессов. Экзогенные процессы и формы рельефа пояса не оказывают прямого воздействия на русла и долины малых рек, так как все истоки водотоков расположены в пределах верхнего

¹ Таблица составлена автором статьи совместно с М. Ю. Опекуновой, кандидатом географических наук, старшим научным сотрудником Института географии имени В. Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук.

пояса. С территории высочайшего пояса происходят только снос рыхлых отложений на склоны каров (до 2 700 м) и таяние ледника (Перетолчина), сток с которого инфильтруется в рыхлые отложения кара. Высочайший пояс далее в исследовании объединен с верхним.

Для верхнего пояса горных областей изучаемой территории на высотах от 2 600 м до 3 350 м характерно преобладание механического выветривания, а также площадной денудации с криогенными, криогенно-склоновыми и гравитационно-склоновыми процессами, которые выстилают склоны (табл. 2). Речные долины в верхнем поясе имеют пологие, средние и крутые склоны с редкими скальными выступами пород, долины широкие с троговым профилем. В пределах верхнего и среднего пояса представлены вершинные поверхности, кары и другие нивационные формы рельефа.

Таблица 2

Распределение нефлювиальных экзогенных процессов рельефообразования по высотным поясам районов исследования горно-котловинной части бассейна реки Иркут

Район исследования	Нефлювиальные экзогенные процессы (пример процесса)		
	Высокогорный пояс (2 600–3 491 м)	Среднегорный пояс (1 800–2 600 м)	Низкогорный пояс (1 000–1 800 м)
Нуху-Дабан	криогенные (морозобойное растрескивание), гравитационно-склоновые (осыпи), криогенно-склоновые (курумообразование, солифлюкция, делли)	криогенные (наледообразование, пятна-медальоны, морозобойное растрескивание), криогенно-склоновые (курумообразование, солифлюкция, делли), гравитационно-склоновые (осыпи), процессы медленного массового движения вещества (оползни)	гравитационно-склоновые (осыпи), криогенно-склоновые (делли)
Мунку-Сардык	гляциальные (абразия ледниковая, моренные отложения), гравитационно-склоновые (обвалы, осыпи, лавины)	гравитационно-склоновые (обвалы, осыпи, лавины), криогенно-склоновые (курумообразование, солифлюкция, делли), криогенные (наледообразование)	криогенно-склоновые (курумообразование, солифлюкция, делли), процессы медленного массового движения вещества (оползни), гравитационно-склоновые (осыпи, обвалы), криогенные (наледообразование), подземноводный (денудация растворимых пород)
Хамар-Дабан	–	гравитационно-склоновые (осыпи), криогенно-склоновые (курумообразование, делли), криогенные (морозобойное растрескивание)	криогенно-склоновые (курумообразование), гравитационно-склоновые (осыпи), склоновые водно-эрозионные (ручейковая, овражная эрозия)
Тункинские Гольцы	гляциальные (моренные отложения), гравитационно-склоновые (обвалы, осыпи, лавины), криогенно-склоновые (курумообразование, солифлюкция)	криогенно-склоновые (курумообразование, солифлюкция), гравитационно-склоновые (осыпи, обвалы), криогенные (наледообразование)	криогенно-склоновые (солифлюкция), гравитационно-склоновые (осыпи, обвалы), криогенные (наледообразование)
Межкотловинные перемычки	–	–	гравитационно-склоновые (осыпи), склоновые водно-эрозионные (ручейковая, овражная эрозия)

В верхнем поясе массива Мунку-Сардык и Тункинских Гольцов истоки рек находятся в области курумообразования, сток воды происходит под крупнообломочным необработанным материалом. В том же поясе в пределах района Нуху-Дабан верхние течения рек расположены в широких троговых долинах, часто заболоченных, с преобладанием процессов аккумуляции. В средних течениях на высотах от 1 600 до 2 100 м чередуются участки аккумуляции и эрозии вещества, в целом от верхнего к нижнему поясу усиливается эрозионный врез из-за увеличения порядка рек и поступления стока за счет притоков.

Ниже верхнего пояса склоны долин становятся круче, увеличивается интенсивность гравитационно-склоновых процессов. Интенсивное долинообразование характерно для среднего пояса на высотах 1 800–2 600 м с усилением линейной денудации, при этом на крутых склонах долин активно протекают гравитационно-склоновые процессы (рис. 2). В нижнем поясе на высотах 1 000–1 800 м ведущую роль в преобразовании морфологии долин и водоразделов малых рек приобретают флювиальные процессы, представленные глубинной эрозией, аккумуляцией рыхлых отложений и селепроявлениями. Помимо флювиальных, в пределах пояса отмечены криогенно-склоновые (солифлюкция), водно-эрозионные (плоскостной смыл), склоновая аккумуляция. Основными формами рельефа являются речные долины, солифлюкционные террасы, конусы выноса.

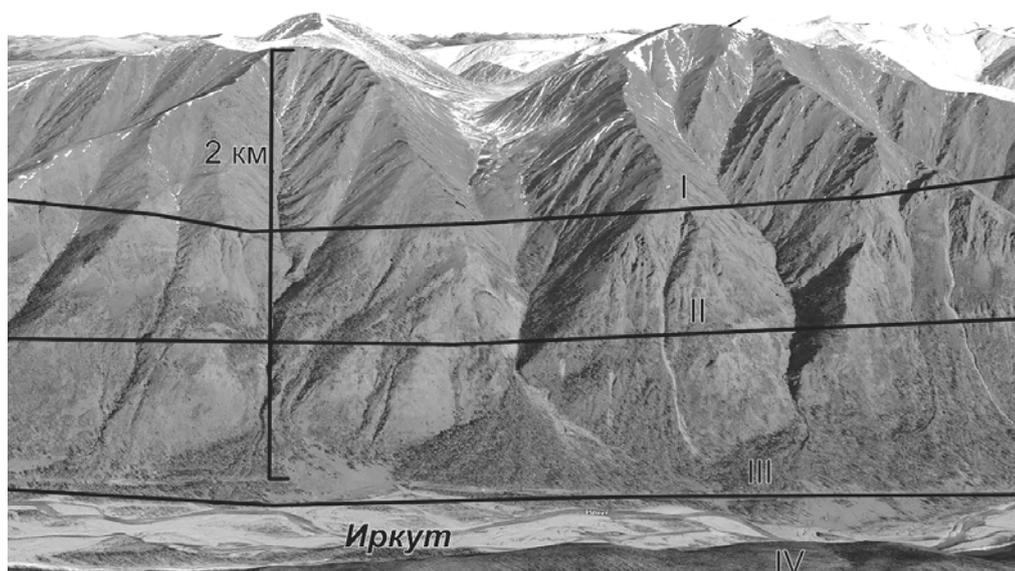


Рис. 2. Корреляция экзогенных процессов с высотными поясами в западной части Тункинских Гольцов, левые безымянные притоки 1-го и 2-го порядка реки Иркут (снимок *Maxar*, 2021 год)

Примечание: I — верхний с развитием нивально-гляциальных форм и отложений с гравитационно-склоновыми и криогенно-склоновыми, криогенными процессами; II — средний на крутых склонах с развитием гравитационно-склоновых и флювиальных процессов на незадернованных участках, флювиальных — на задернованных; III — нижний на склонах средней крутизны с развитием эрозионных процессов и формированием конусов выноса; IV — долинная (сквозная) система с эрозионно-аккумулятивной деятельностью реки Иркут.

Для высокогорного пояса характерно наибольшее влияние нефлювиальных процессов на структуру флювиальных. Речная сеть малых водотоков здесь имеет зачаточную форму (водотоки 1-го–2-го порядка), а протекание нефлювиальных процессов, например гравитационно-склоновых и криогенно-склоновых, имеет наибольшую интенсивность и пространственное распределение в структуре экзогенных процессов. Крупные осыпи и обвалы способны привести к прекращению развития флювиальных процессов (например, по данным полевых исследований на притоках рек Бугуевек и Улан-Гол прекратились глубинная эрозия и сток воды). Гляциальные процессы вместе с криогенно-склоновыми определяют структуру малой эрозионной сети (ее рисунок, морфодинамический тип русла). Сток воды в области развития моренных комплексов

и курумов инфильтруется в крупнообломочные отложения, и водотоки не вырабатывают постоянного или временного русла на поверхности рельефа. Развитие флювиальных систем древнеледниковых областей полностью подчиняется каровым условиям с обвально-осыпными бортами троговых долин. Боковая эрозия в высокогорном поясе полностью отсутствует. Преобладают процессы глубинной эрозии и селепроявления (селевые выносы, а также области зарождения селей). Аккумуляция флювиальных отложений наименьшая среди всех высотных поясов.

В среднегорном поясе влияние нефлювиальных процессов на русловые снижается, но все так же оказывается воздействие, способное привести к локальной перестройке флювиальной системы. Например, оползни на реках района Нуху-Дабан и Тункинских Гольцов (Бажир, Барун-Хола и др.) привели к локальному прекращению процессов глубинной и боковой эрозии русел малых рек, способствовали инфильтрации стока воды в деляписивные отложения (по данным полевых исследований и анализа космических снимков *ESRI* 2022 года). В речных долинах среднегорного пояса часто встречается парагенез флювиальных, криогенно-склоновых и криогенных отложений, а влияние гравитационно-склоновых процессов на структуру речной сети снижается.

В низкогорном поясе флювиальные процессы испытывают минимальное воздействие нефлювиальных факторов среди всех высотных поясов. В области развития тектогенного рельефа на флювиальные процессы напрямую влияют гравитационно-склоновые (осыпи, обвалы). Остальные процессы косвенно влияют на сток внутри бассейнов малых рек (криогенно-склоновые, криогенные).

Изменения характеристик реки от верхнего к нижнему течению (от верхнего к нижнему поясу) определяют морфодинамическую зональность в долинах рек [Ананьев, Симонов, Спиридонов, 1992]. Для рек горных областей, которые претерпели плейстоценовое оледенение, характерно следующее изменение морфологии долин [Щукин, 1964]: в верхнем течении днище долины широкое, русло меандрирует и (или) разбивается на рукава, террасы отсутствуют; в среднем или нижнем течении усиливается эрозионный врез, и долина имеет V-образный поперечный профиль или вид ущелья (рис. 3).

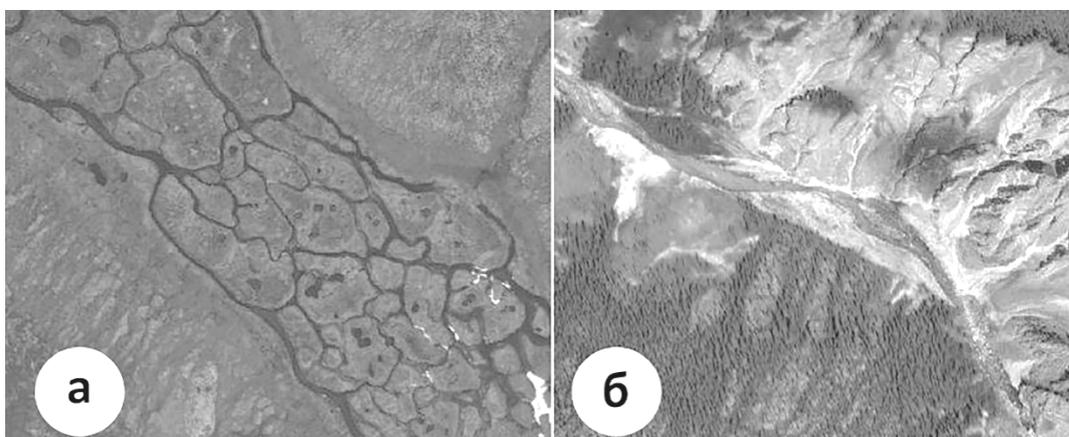


Рис. 3. Морфодинамическая поясность реки Тумелик, район Нуху-Дабан (снимок *ESRI*, 2022 год)

Примечание: разветвленно-извилистое русло (а) с наледообразованием в пределах троговой долины в верхнем течении на высотах 2 090–2 100 м сменяется врезанным извилистым руслом (б) в пределах долины V-образного типа в нижнем течении на высоте 1 850–1 900 м.

Таким образом, совместная деятельность флювиальных и нефлювиальных процессов вместе с тектоническими и геолого-геоморфологическими условиями сказывается на наборе морфодинамических типов русел.

Для территорий массива Мунку-Сардык и района Нуху-Дабан высотная поясность типов русел и долин выглядит следующим образом: на высотах 2 400–2 700 м (высокогорный и среднегорный пояс) развит преимущественно врезанный извилистый тип русел в пределах V-образных

долин и долин типа «ущелье» и «теснина», далее тип сменяется на широкопойменный извилистый (приурочен к участкам днищ троговых долин) с высотами 2 100–2 200 м. В средних течениях рек (1 900–2 100 м) развиты широкопойменные разветленно-извилистые и извилистые типы с участками наледообразования, а также разветленно-извилистые типы с наледообразованием с фрагментами молодой поймы, за исключением рек Толта и Бажир, где развитие получили адаптированные типы (на флювиогляциальных отложениях) в пределах троговых или трапециевидных долин. В устьевых частях малых рек (1 380–1 950 м) русла имеют разветленно-извилистый тип с фрагментами молодой поймы, что связано с выходом рек на аллювиальные отложения реки Иркут, где формированию поймы препятствует наледообразование в пределах притоков и основного русла Иркут, форма долин чаще трапециевидная.

Для западной части хребта Хамар-Дабан выраженность высотной поясности в морфодинамических типах русел и долин проявляется так: для рек Малый и Большой Зангисан, бассейны которых расположены в пределах трудно размываемых пород (протерозойские интрузии), в верхнем течении (2 200–2 450 м) характерно развитие V-образных долин с врезанными извилистыми руслами, далее при выполаживании рельефа долин отмечено развитие U-образных долин с широкопойменным извилистым и разветленно-извилистыми типами (1 900–2 200 м). В среднем течении (1 100–1 900 м) в пределах трапециевидных долин выявлено чередование адаптированных извилистых и разветленно-извилистых типов с небольшими участками врезанных извилистых русел при сужении долин. В низовье (820–1 100 м) при прохождении рек через базальтовые отложения развит адаптированный разветленно-извилистый тип. Высотная дифференциал русел и долин рек Харибяты и Харагун также имеет схожий вид: при резком падении высоты в верхнем течении с врезанным извилистым типом русла в пределах непротяженных V-образных долин на высотах 1 600–2 500 м происходит смена типа на адаптированный извилистый и разветленно-извилистый типы (900–1 600 м) в пределах U-образных долин, и затем в нижнем течении завершается широкопойменным разветленно-извилистым и извилистым типом с участками антропогенного преобразования (717–900 м) в пределах аллювиальной равнины реки Иркут (днище Тункинской котловины).

Для рек восточной части хребта Хамар-Дабан отмечены следующие особенности высотной поясности типов русел и долин. Для Верхней и Средней Тибельти выявлено развитие врезанного извилистого типа в верховье на высотах 900–1 400 м в пределах U-образных долин, который сменяется адаптированным извилистым и разветленно-извилистым типами в среднем течении на высотах 800–1 100 м с развитием трапециевидных долин. В низовье на высотах 660–800 м развит широкопойменный извилистый тип в пределах аллювиальной равнины реки Иркут. Для рек Малая и Большая Быстрая характерен более разнообразный набор морфодинамических типов русел и долин: на высоте 1 500–2 200 м в верховьях развит врезанный извилистый тип в пределах V-образных и U-образных долин, где исключение представляют участки адаптированного извилистого (1 500–1 700 м) и широкопойменного извилистого (1 550–1 800 м) типов русел. В среднем течении на высотах 850–1 500 м развиты адаптированные извилистые и разветленно-извилистые типы русел с редким проявлением относительно прямолинейных участков врезанного русла (по линии тектонических трещин) в пределах U-образных и трапециевидных долин. В нижнем течении на высоте 650–850 м широкопойменный извилистый и разветленно-извилистый типы приурочены к днищу Быстринской котловины (аллювиально-пролювиальная равнина реки Иркут [Кононов, 2005]).

Для малых рек, берущих начало с Тункинских Гольцов, высотная дифференциация морфодинамических типов русел и долин проявляется следующим образом: на высотах 1 500–2 800 м распространены врезанные извилистые и разветленно-извилистые типы в пределах трапециевидных троговых и V-образных долин, которые затем переходят на адаптированные типы с высотами 900–2 100 м, приуроченные к U-образным долинам, а также к долинам типа «ущелье» и «теснина». Концентрация адаптированного типа в пределах U-образных и трапециевидных долин нарастает в пределах предгорной наклонной равнины (740–1 100 м), здесь же проявляется тип селевых русел и бассейнов. Ниже по течению адаптированные русла сменяются на широкопойменные извилистые и разветленно-извилистые типы в днищах котловин (озерно-аллювиальная (717–750 м) и аллювиальные равнины (680–980 м)) с развитием планиморфного типа долин.

Заключение

В структуре рельефа горного обрамления изучаемой территории высотные пояса (высокогорный, среднегорный и низкогорный) влияют на распределение стока воды и наносов в долинах и руслах малых рек, определяют интенсивность экзогенных геоморфологических процессов. Высотные пояса (верхний, средний, нижний) характеризуются собственными морфометрическими, морфологическими особенностями и набором ведущих экзогенных процессов. В верхнем поясе (зона преобладания денудации) с высотами 2 600–3 491 м на средних и крутых склонах активно развиваются гравитационно-склоновые и криогенно-склоновые процессы, происходит активный снос рыхлого материала на более низкие гипсометрические уровни. В среднем поясе (зона преобладания транзита вещества) на высотах 1 800–2 600 м усиливается роль эрозии в переносе вещества, а в нижнем поясе (зона преобладания аккумуляции) на высотах 1 000–1 800 м ведущая роль в рельефообразовании принадлежит флювиальным процессам.

В пределах высокогорного пояса в верхних течениях рек преимущественно в V-образных и троговых долинах развиты врезанные извилистые русла, далее в среднегорном поясе представлены U-образные, трапециевидные и троговые долины с развитием участков широкопойменных извилистых и разветвленно-извилистых типов, а также разветвленно-извилистых типов с наледообразованием с фрагментами молодых пойм. В средних течениях в пределах среднегорно-низкогорного пояса при переходе на участки предгорной наклонной равнины в U-образных и трапециевидных долинах развиты адаптированные извилистые и разветвленно-извилистые типы. В днищах котловин (нижние течения и устьевые участки малых рек), сложенных аллювиальными отложениями, развиты преимущественно широкопойменные извилистые и разветвленно-извилистые типы в пределах трапециевидных и планиморфных долин.

Список источников

1. Ананьев Г. С., Симонов Ю. Г., Спиридонов А. И. Динамическая геоморфология: учеб. пособие. — М.: Изд-во МГУ, 1992. — 448 с.
2. Безгодова О. В. Наледные образования в пределах русел малых рек бассейна реки Иркут // Вестник Удмуртского университета. Сер. «Биология. Науки о Земле». — 2022. — Т. 32, № 3. — С. 344–354. — DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-3-344-354.
3. Белоусов В. М. Физико-географическая характеристика и проблемы экологии юго-западной ветви Байкальской рифтовой зоны: учебное пособие / В.М. Белоусов, И.Ю. Будэ, Я.Б. Радзиминович, Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 2000. 160 с.
4. Бутаков Г. П., Дедков А. П., Кичигин А. Н. [и др.]. Малые реки как наиболее уязвимое звено речной сети // Эрозионные и русловые процессы. — М.: Изд-во МГУ, 1996. — Вып. 2. — С. 56–70.
5. Василенко О. В., Воропай Н. Н. Особенности формирования климата котловин юго-западного Прибайкалья // Известия РАН. Сер. географическая. — 2015. — № 2. — С. 104–111.
6. Выркин В. Б., Кузьмин В. А., Снытко В. А. Общность и различия некоторых черт природы Тункинской ветви котловин // География и природные ресурсы. — 1991. — № 4. — С. 61–68.
7. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1000000 (третье поколение). Ангаро-Енисейская серия. Лист N-47-Нижнеудинск / сост. Т. Ф. Галимова, А. Г. Пашкова; ред. Е. П. Миронюк, В. В. Перфильев, В. Е. Руденко. — СПб.: Картограф. фабрика «ВСЕГЕИ», 2012.
8. Ермолаев О. П., Шарифуллин А. Г., Голосов В. Н., Сафаров Х. Н. Современные экзогенные процессы в горных ландшафтах умеренного пояса северной Евразии и оценка их долевого вклада в сток наносов рек по материалам космических съемок // Ученые записки Казанского университета. Сер. «Естественные науки». — 2015. — Т. 157, № 2. — С. 81–94.
9. Захаров В. В., Кичигина Н. В. Роль речного стока в формировании русловых процессов высокогорной области Восточного Саяна (в верховьях рек Иркутка, Китоя, Оки) // Рельеф и экзогенные процессы гор. — Иркутск: Изд-во Ин-та геогр. СО РАН, 2011. — Т. 2. — С. 76–79.
10. Карта генштаба СССР. Масштаб 1: 100 000. Сер. Восточно-Саянская. — М.: Недра, 1989.
11. Кононов Е. Е. Байкал. Аспекты палеогеографической истории. — Иркутск, 2005. — 125 с.
12. Корытный Л. М. Морфологические характеристики речного бассейна // География и природные ресурсы. — 1984. — № 3. — С. 105–112.
13. Лещиков Ф. Н. Мерзлые породы Приангарья и Прибайкалья. — Новосибирск: Наука: Сибирское отделение, 1978. — 145 с.
14. Нагорья Прибайкалья и Забайкалья. — М.: Наука, 1974. — 359 с.

15. Пластинин Л. А., Ступин В. П. Морфодинамический анализ материалов дистанционного зондирования и картографическая интерполяция данных стационарных наблюдений за выветриванием и склоновыми процессами в пределах эталонного бассейна хребта Кодар. — Новосибирск : СГТА, 2013. — Т. 2. — С. 131–136.
16. Симонов Ю. Г., Симонова Т. Ю. Речной бассейн и бассейновая организация географической оболочки // Эрозия почв и русловые процессы. — М., 2004. — Вып. 14. — С. 7–32.
17. Чалов Р. С. Русловедение: теория, география, практика. — М. : Изд-во ЛКИ, 2008. — Т. 1: Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. — 610 с.
18. Шукин И. С. Общая морфология суши: моногр.: в 3 т. — М. : Изд-во МГУ, 1964. — Т. 2. — 459 с.
19. Jasiewicz J., Stepinski T. F. Geomorphons — a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms // *Geomorphology*. — 2013. — № 182. — Pp. 147–156.
20. Macklin M., Brewer P. A., Hudson-Edwards K. A. [et al.]. A geomorphological-geochemical approach to river basin management in mining-affected rivers / L. A. James, W. A. Marcus (eds.) // *The Human Role in Changing Fluvial Systems. Proc. 37th Int. Binghamton Geomorphology Symp.* — 2006. — Vol. 79. — Pp. 423–447.
21. Theler D., Reynard E. A geomorphological map as a tool for assessing sediment transfer processes in small catchments prone to debris-flows occurrence: a case study in the Bruchi Torrent (Swiss Alps) // *Geomorphological mapping: methods and applications* / M. J. Smith, P. Paron, J. S. Griffiths. — Amsterdam: Elsevier, 2011. — Pp. 441–456.

References

1. Ananyev G. S., Simonov Yu. G., Spiridonov A. I. *Dinamicheskaya geomorfologiya: ucheb. posobiye* [Dynamic geomorphology: study guide]. Moscow, Moscow State University Publ., 1992, 448 p. (In Russian).
2. Bezgodova O. V. Ice formations within the channels of small rivers of the Irkut River basin. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Ser. "Biologiya. Nauki o Zemle"* [Bulletin of the Udmurt University. Ser. "Biology. Geosciences"]. 2022. vol. 32, iss. 3, pp. 344–354. DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-3-344-354. (In Russian).
3. Belousov V. M. *Fiziko-geograficheskaya kharakteristika i problemy ekologii yugo-zapadnoy vetvi Baykalskoy riftovoy zony: uchebnoye posobiye* [Physico-geographical characteristics and problems of ecology of the southwestern branch of the Baikal riftzone: study guide]. V. M. Belousov, I. Yu. Bude, Ya. B. Radziminovich. Irkutsk, Irkutsk University Publ., 2000, 160 p. (In Russian).
4. Butakov G. P., Dedkov A. P., Kichigin A. N. [et al.]. Small rivers as the most vulnerable link in a river network. *Eroziionnyye i ruslovyye protsessy* [Erosion and channel processes]. Moscow, Moscow State University Publ., 1996, iss. 2, pp. 56–70. (In Russian).
5. Vasilenko O. V., Voropai N. N. Features of the formation of climate in the basins of the southwestern Baikal region. *Izvestiya RAN. Ser. geograficheskaya* [Izvestia RAS. Ser. Geography]. 2015, iss. 2, pp. 104–111. (In Russian).
6. Vyrkin V. B., Kuzmin V. A., Snytko V. A. Commonality and differences of some features of the nature of the Tunka branch of basins. *Geografiya i prirodnyye resursy* [Geography and natural resources]. 1991, iss. 4, pp. 61–68. (In Russian).
7. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1:1000000 (tretye pokoleniye). Angaro-Yeniseyskaya seriya. List N-47-Nizhneudinsk* [State geological map of the Russian Federation at a scale of 1:1000000 (third generation). Angara-Yenisei series. Sheet N-47-Nizhneudinsk]. Comp. by T. F. Galimova, A. G. Pashkova; ed. E. P. Mironyuk, V. V. Perfilyev, V. E. Rudenko. St. Petersburg, Kartograficheskaya fabrika "VSEGEI" Publ., 2012. (In Russian).
8. Yermolaev O. P., Sharifullin A. G., Golosov V. N., Safarov Kh. N. Modern exogenous processes in the mountain landscapes of the temperate zone of northern Eurasia and assessment of their contribution to river sediment runoff, based on satellite imagery materials. *Uchenyye zapiski Kazanskogo universiteta. Ser. "Yestestvennyye nauki"* [Scientific papers of Kazan University. Ser. "Natural Sciences"]. 2015, vol. 157, iss. 2, pp. 81–94. (In Russian).
9. Zakharov V. V., Kichigina N. V. The role of river flow in formation of channel processes in the high-mountainous region of the Eastern Sayan (in the upper reaches of the Irkut, Kitoy, Oka rivers). *Relyef i ekzogennyye protsessy gor* [Relief and exogenous processes in mountains]. Irkutsk, Institute of Geography Publ., SB of RAS, 2011, vol. 2, pp. 76–79. (In Russian).
10. *Karta genshtaba SSSR. Masshtab 1:100 000. Ser. Vostochno-Sayanskaya* [Map of the USSR General Staff. Scale 1:100,000. Ser. Eastern Sayan]. Moscow, Nedra Publ., 1989. (In Russian).
11. Kononov E. E. *Baykal. Aspekty paleogeograficheskoy istorii* [Baikal. Aspects of paleogeographic history]. Irkutsk, 2005, 125 p. (In Russian).
12. Korytny L. M. Morphological characteristics of a river basin. *Geografiya i prirodnyye resursy* [Geography and natural resources]. 1984, iss. 3, pp. 105–112. (In Russian).

13. Leshchikov F. N. *Merzlyye porody Priangarya i Pribaykalya* [Permafrost rocks of the Angara and Baikal regions]. Novosibirsk, Nauka Publ., Siberian department, 1978, 145 p. (In Russian).
14. *Nagorya Pribaykalya i Zabaykalya* [Highlands of the Baikal region and Transbaikalia]. Moscow, Nauka Publ., 1974, 359 p. (In Russian).
15. Plastinin L. A., Stupin V. P. *Morfodinamicheskiy analiz materialov distantsionnogo zondirovaniya i kartograficheskaya interpolyatsiya dannykh statsionarnykh nablyudeniy za vyvetrivaniyem i sklonovymi protsessami v predelakh etalonnogo basseyna khrebtа Kodar* [Morphodynamic analysis of remote sensing materials and cartographic interpolation of stationary observation data on weathering and slope processes within the reference basin of the Kodar ridge]. Novosibirsk, SGGА Publ., 2013, vol. 2, pp. 131–136. (In Russian).
16. Simonov Yu. G., Simonova T. Yu. River basin and basin organization of the geographical envelope. *Eroziya pochv i ruslovyye protsessy* [Soil erosion and riverbed evolution]. Moscow, 2004, iss. 14, pp. 7–32. (In Russian).
17. Chalov R. S. *Ruslovedeniye: teoriya, geografiya, praktika* [Channel studies: theory, geography, practice.]. Moscow, LKI Publ., 2008, vol. 1: Riverbed evolution processes: factors, mechanisms, forms of manifestation and conditions for formation of river beds, 610 p. (In Russian).
18. Shchukin I. S. *Obshchaya morfologiya sushy: monogr.: v 3 t.* [General morphology of land: monograph: in 3 vols.]. Moscow, MSU Publ., 1964, vol. 2, 459 p.
19. Jasiewicz J., Stepinski T. F. Geomorphons — a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms. *Geomorphology*. 2013, iss. 182, pp. 147–156.
20. Macklin M., Brewer P. A., Hudson-Edwards K. A. [et al.]. A geomorphological-geochemical approach to river basin management in mining-affected rivers. *The Human Role in Changing Fluvial Systems. Proc. 37th Int. Binghamton Geomorphology Symp.* L. A. James, W. A. Marcus (eds.). 2006, vol. 79, pp. 423–447.
21. Theler D., Reynard E. A geomorphological map as a tool for assessing sediment transfer processes in small catchments prone to debris-flows occurrence: a case study in the Bruchi Torrent (Swiss Alps). *Geomorphological mapping: methods and applications*. M. J. Smith, P. Paron, J. S. Griffiths. Amsterdam, Elsevier, 2011, pp. 441–456.

Информация об авторе

Безгодова Ольга Витальевна — младший научный сотрудник лаборатории геоморфологии Института географии имени В. Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук.

Сфера научных интересов: динамическая геоморфология, русловые процессы горных рек, методика полевых геоморфологических исследований, экзогенные процессы рельефообразования.

Information about the author

Bezgodova Olga Vitalievna — a junior researcher at the Laboratory of Geomorphology of the Institute of Geography named after V. B. Sochava, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.

Research interests: dynamic geomorphology, channel processes of mountain rivers, methods of geomorphological field research, exogenous processes of relief formation.

Статья поступила в редакцию 19.10.2023; принята к публикации 05.12.2023.

The article was submitted 19.10.2023; accepted for publication 05.12.2023.