



Оригинальная статья / Original article

УДК 551.4.022

DOI: <http://dx.doi.org/10.21285/2686-9993-2020-43-2-256-270>

Условия формирования основных экзогенных процессов в юго-западной части Байкальской рифтовой системы (Россия) и восточной части Южно-Китайского блока (Китай)

© Л.И. Аузина^а, Юнчжань Чжан^б, А.О. Устюжанин^с,
И.А. Ярощук^д, О.С. Масликов^е, К.К. Ковтун^ф

^{а,с}–Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

^бНанкинский университет, г. Нанкин, Китай

Резюме: Целью работы являлся анализ и сопоставление причин и условий формирования экзогенных процессов юго-западной части Байкальской рифтовой системы (Россия) и восточной части Южно-Китайского блока (Китай) с акцентом на процессы выветривания, а также процессы гравитационные и связанные с деятельностью поверхностных вод. В качестве ключевого участка в Байкальской рифтовой системе принята территория Тункинской зоны. Объектом для сопоставления явилась восточная часть Южно-Китайского блока, в пределах которого расположены основные точки наблюдения, приуроченные к дельте р. Янцы и прилегающим к ней территориям. Основные методы исследования – это полевые маршруты с визуальным обследованием точек наблюдения и замерами отдельных характеристик и параметров, подбор и анализ опубликованной и фондовой литературы. В результате сравнения геодинамических процессов, формирующихся на исследуемых территориях, был сделан вывод о том, что наиболее распространенными на обеих территориях являются выветривание и гравитационные процессы, в данном случае оползнеобразование. На интенсивность процессов в первую очередь оказывает влияние резкорасчлененный рельеф. Различия обусловлены климатическими особенностями регионов, в том числе разным уровнем осадков, температурными перепадами, а также степенью сейсмичности, наличием ледниковых форм и ландшафтными особенностями, что в совокупности предопределяет селевую активность Тункинской ветви рифтовых впадин и ее почти полное отсутствие в дельте р. Янцы. Анализ выделенных факторов позволяет прогнозировать вероятность возникновения таких экзогенных процессов, как оползни и сели, и своевременно предпринимать меры по минимизации их негативных воздействий. Отсутствие крупномасштабных карт, отражающих опасные территории, и надлежащего контроля по выделению земель, заведомо нуждающихся в защите от воздействия геодинамических процессов, с каждым годом приводит к расширению зон опасностей и рисков как в восточной части Китая, так и по всему Байкальскому региону России.

Ключевые слова: экзогенные процессы, выветривание, оползни, сели, Байкальский регион, восточная часть Китая

Благодарности: Коллектив авторов выражает благодарность за профессиональную помощь и поддержку профессору Р.М. Лобацкой и ассистенту А.А. Войтюк.

Информация о статье: Дата поступления 06 февраля 2020 г.; дата принятия к печати 11 марта 2020 г.; дата онлайн-размещения 30 июня 2020 г.

Для цитирования: Аузина Л.И., Чжан Юнчжань, Устюжанин А.О., Ярощук И.А., Масликов О.С., Ковтун К.К. Условия формирования основных экзогенных процессов в юго-западной части Байкальской рифтовой системы (Россия) и восточной части Южно-Китайского блока (Китай). *Науки о Земле и недропользование*. 2020. Т. 43. № 2. С. 256–270. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2020-43-2-256-270>



Conditions of the formation of the main exogenous processes in the southwest part of the Baikal rift system (Russia) and in the eastern part of the south China block (China)

© Larisa I. Auzina^a, Yongzhan Zhang^b, Alexandr O. Ustyuzhanin^c,
Ilya A. Yaroshchuk^d, Oleg S. Maslikov^e, Ksenia K. Kovtun^f

^{a,c,f}Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

^bNanjing University, Nanjing, China

Abstract: The aim of the study is to analyze and compare the causes and conditions for the formation of the exogenous processes in the southwestern part of the Baikal rift system (Russia) and in the eastern part of the South China block (China) with the emphasis on the weathering, gravitational and surface-water processes. The Tunka rift zone is taken as the main site. It is compared with the eastern part of the South China block where the main observation points are associated with the Yangtze River delta and adjacent territories. The main research methods include field routes with visual examination of the observation points and measurement of certain characteristics and parameters, as well as selection and analysis of the published and archive literary sources. The comparison of the geodynamic processes emerging in the study territories has concluded that the dominant processes are weathering and gravitational processes, namely, landslide formation. The intensity of the processes is primarily determined by the sharply broken relief. The differences between the two study regions are determined by the climatic peculiarities including the precipitation level and temperature change, as well as by the seismicity, the presence of the glacier forms, and the landscape features. The combination of the above factors predetermines the wet landslide activity of the Tunka branch of the rift depressions vs. almost none of the kind in the Yangtze River delta. The analysis of the defined factors makes it possible to predict exogenous processes such as landslide and mudslide, and take timely measures on minimizing the negative impact of the above. The lack of the large scale maps showing the danger zones and adequate control of identifying the land areas that are knowingly in need of protection from the geodynamic processes' impact, are increasingly leading to the extension of the danger zones and associated risk both in the eastern part of China and throughout the Baikal region.

Keywords: exogenous processes, weathering, landslide, mudslide, Baikal region, Eastern China

Acknowledgements: The authors highly appreciate the professional assistance and support of Professor Raisa Moiseevna Lobatskaya and Assistant Professor Alena Alexandrovna Voityuk.

Information about the article: Received February 06, 2020; accepted for publication March 11, 2020; available online June 30, 2020.

For citation: Auzina LI, Zhang Yongzhan, Ustyuzhanin AO, Yaroshchuk IA, Maslikov OS, Kovtun KK. Conditions of the formation of the main exogenous processes in the southwest part of the Baikal rift system (Russia) and in the eastern part of the south China block (China). *Earth sciences and subsoil use*. 2020;43(2):256–270. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2020-43-2-256-270>

Введение

Современные экзогенные процессы наиболее широко развиваются в геодинамически нестабильных регионах. Такими являются юго-западная часть Байкальской рифтовой системы (Россия) и восточная часть Южно-Китайского блока (Китай). Экзогенные процессы происходят на поверхности Земли под влиянием подземных и поверхностных вод, сил гравитации, промерзания и оттаивания грунтов, климатических факторов, обуславливающих выветривание. Они оказывают значительное влияние на формирование современных рельефа и ландшафтов, являются важным фактором природного риска, часто негативно сказываясь на

социуме, экономике и экосистемах. Таковы, например, крупные деформации склонов, связанные с сильнейшими землетрясениями, сопровождающимися активизацией оползней, обвалов, лавин, осыпей и вызывающие катастрофические сели в пределах сейсмически активных районов и прилегающих территорий. Анализ факторов, способствующих возникновению данных процессов, позволяет минимизировать их разрушительное действие, а иногда и предупредить их возникновение.

В сентябре 2019 г. ознакомиться с экзогенными процессами и проанализировать причины, которые повлияли на их возникновение, представилась возмож-



ность студентам Иркутского национального исследовательского технического университета (Россия) в рамках учебной геологической практики на базе Нанкинского университета (Китай). При этом перед ними стояла задача сопоставления экзогенных процессов, формирующихся на территории Тункинской рифтовой зоны, с аналогичными явлениями на территории Южно-Китайского блока.

Целью данной работы является анализ и сопоставление причин и условий формирования экзогенных процессов в юго-западной части Байкальской рифтовой системы (Россия) и восточной части Южно-Китайского блока (Китай).

Объекты исследования

Объектами исследования явились процессы выветривания, гравитационные процессы и процессы, связанные с деятельностью поверхностных вод.

Байкальская рифтовая система – глубинный разлом земной коры в континентальной части Евразии протяженностью около 1500 км, простирающийся с юго-запада на северо-восток. Территория приурочена к сочленению Байкало-Саянской складчатой области и Сибирской платформы. Байкало-Саянская складчатая область представлена породами архейского, протерозойского и

кембрийского возрастов. Пониженные участки перекрыты четвертичными отложениями (рис. 1) [1].

Байкальский регион характеризуется высокой сейсмической активностью, наличием разновременных вулканических структур и подземных вод различной температуры, приуроченных к системам приповерхностных и глубоких разломов. Более детально рассмотрена территория Тункинской рифтовой зоны, входящая в состав Байкальской рифтовой системы. Тункинская ветвь ограничена с юга достаточно пологим кулисообразным Хамар-Дабанским сбросом, а с севера – крутым тектоническим эскарпом Тункинского разлома¹ [2], к которому приурочена значительная часть наиболее мощных сейсмических событий в Байкальском регионе. Климат – резко континентальный с весьма значительным перепадом температур: от +36 °С летом до -45 °С зимой. Годовая сумма осадков зависит от орographicеских условий и составляет 450–500 мм в гольцах, снижаясь до 300 мм в котловинах. Горная геосистема имеет альпийский крутосклонный рельеф, формирование которого сопряжено с воздействием тектонических процессов, связанных с развитием Байкальской рифтовой системы. Широкое распространение

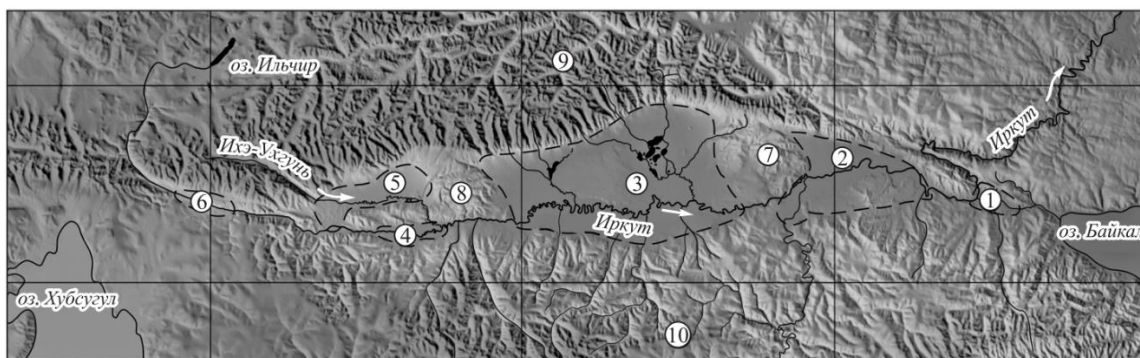


Рис. 1. Схема Тункинской рифтовой зоны и ее горного обрамления (SRTM) [1]:
впадины: 1 – Быстринская, 2 – Торская, 3 – Тункинская, 4 – Туранская, 5 – Хойтогольская,
6 – Мондинская; междувпадинные перемычки: 7 – Еловский отрог, 8 – Ниловский отрог;
хребты: 9 – Тункинские гольцы, 10 – Хамар-Дабан

Fig. 1. Scheme of the Tunka rift zone and the surrounding mountains [1]:
depressions: 1 – Bystrinskaya, 2 – Torskaya, 3 – Tunkinskaya, 4 – Turan, 5 – Khoytogolskaya,
6 – Mondinskaya; inter-depression connections: 7 – Elovsky spur, 8 – Nilovsky spur;
ranges: 9 – Tunkinsky peaks, 10 – Khamar-Daban

¹ Лобацкая Р.М., Мац В.Д., Аузина Л.И., Шиленьков В.Г., Лиштвта А.В. Международная полевая практика на Байкале. География, геология, зоология, ботаника: учеб. пособие. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2008. 184 с.



получили гольцовые альпинотипные системы с проявлениями гляциального рельефа. Гольцовый пояс представлен, как правило, горно-тундровыми ландшафтами, ниже, на склонах, распространены каменистая, осоково-моховая, лишайниковая и щебенисто-лишайниковая тундровая растительность. Верхние части склонов заняты преимущественно листовеннично-редколесной фацией [3].

Объектом сравнения является восточная часть Южно-Китайского блока, к которой в орографическом отношении приурочена Южно-Китайская платформа, простирающаяся от Пекина до дельты р. Янцзы и прерываемая лишь магматическими провинциями Шаньдунского полуострова. Южно-Китайский блок является сейсмически спокойным в отличие от Северо-Китайского: главные деформации земной коры, основная сейсмичность и большинство землетрясений восточной части Китая происходят в Северо-Китайском блоке. Климат – субтропический, температуры – от +35 °С летом до -10 °С зимой. Наибольшее количество осадков – до 180 мм – выпадает в июле, наименьшее – 32 мм – в декабре. К югу

от р. Янцзы ландшафт в основном горный с преобладанием осадочных отложений и отложений кратона Янцзы [4].

Исследуемая территория входит в Восточно-Азиатскую флористическую область. Во многом особенности флоры Китая определяются тем, что территория страны не подвергалась четвертичным оледенениям и не заливалась океаном после триаса, то есть древняя флора развивалась практически беспрепятственно, сохранив вплоть до настоящего времени много третичных элементов. Среди растительности преобладают деревья и кустарники, соответствующие поясу субтропических лесов, в горных районах распространены многочисленные хвойные и листопадные виды.

Формирование восточной части Китая произошло в результате коллизии Индо-Австралийской и Евразийской плит, а также субдукции Тихоокеанской и Евразийской плит. Это привело к растяжению верхней части земной коры и образованию основных тектонических и геоморфологических элементов исследуемой территории (рис. 2) [5].

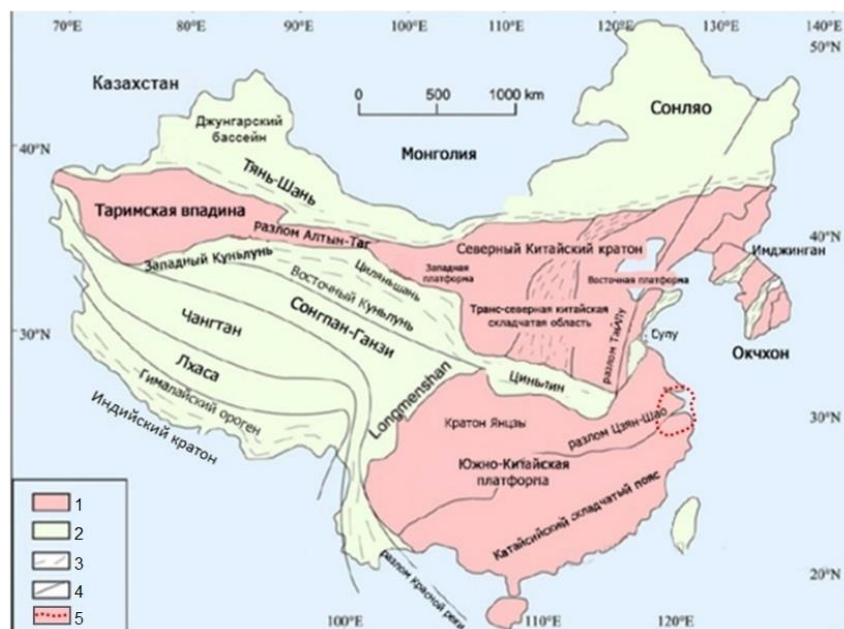


Рис. 2. Схематическая структурно-тектоническая карта Китая [6]:

- 1 – докембрийская кратоническая плита; 2 – фанерозойская складчатая область;
3 – структурные зоны; 4 – основной разлом; 5 – контур исследуемой площади

Fig. 2. Schematic structural-tectonic map of China [6]

- 1 – Pre-Cambrian cratonic plate; 2 – Phanerozoic folded area;
3 – structural zones; 4 – main fault; 5 – the study area contour



Районы исследования находились в дельте р. Янцзы и на прилегающих к ней территориях, основные из них – горы Циюньшань (Белые горы), Цзыцзиньшань (Пурпурная гора) и Хуаншань (Жёлтые горы) (рис. 3).

Методы исследования

В процессе прохождения практики и во время дальнейшей обработки полученных материалов использовались следующие методы исследований:

– полевые маршруты с визуальным обследованием точек наблюдения и с замерами отдельных характеристик и параметров;

– подбор и анализ опубликованной и фондовой литературы.

Результаты исследования

В ходе работы были выделены и описаны наиболее распространенные на обеих территориях геодинамические процессы, происходящие в результате выветривания, действия сил гравитации и поверхностных вод.

Выветривание – это процесс разрушения горных пород под воздействием климатических факторов, в результате которого формируется зона экзогенной

трещиноватости. Различные физические свойства пород, а следовательно, и их устойчивость к выветриванию, формирует современный рельеф исследуемых территорий, что явственно отражается на внешнем облике обоих исследуемых регионов.

Тункинские гольцы, продолжающие свой рост и имеющие абсолютные отметки в районе Тункинской долины от 1500 до 2500 м, характеризуются превышениями над днищем долины в 800–1400 м. Горное сооружение сложено преимущественно кристаллическими сланцами и гранитами. Наиболее хорошо выветриваемы кристаллические сланцы, более стойки граниты, которыми и сложены останцы в горноскладчатой системе. Значительную роль в формировании рельефа сыграли скопления льда, формирующиеся в горных впадинах в ледниковые периоды и препятствующие осадконакоплению на локальных площадях в постледниковый период. В итоге образовались характерные структуры – цирки, называемые каррами и разделенные хорошо выраженными гребнями – карлингами (рис. 4).



Рис. 3. Регион исследований с основными точками наблюдения (фото с ресурса Яндекс.Карты, дополненное авторами)

1 – точки наблюдений; 2 – города, составляющие «золотой треугольник дельты р. Янцзы»; 3 – абсолютные отметки

Fig. 3. The study area with the main observation points (photo from Yandex.Maps website; supplemented by the authors)

1 – observation points; 2 – cities forming the “golden triangle of the Yangtze delta”; 3 – absolute marks



Рис. 4. Тункинские гольцы
(фото автора Л.И. Аузиной)
Fig. 4. Tunka peaks
(photo by Larisa I. Auzina)

Во многом сходная ситуация сложилась в горах Хуаншань (Жёлтые горы) (восточная часть Китая). Абсолютные отметки их варьируют от 630 до 1864 м над уровнем моря. Горы, покрытые хвойной растительностью, сформировались в мезозойскую эру. Генетические предпосылки формирования рельефа этой территории, в целом связанные с коллизией Индостана и Евразии, до сих пор вызывают споры ученых и сводятся к двум основным позициям:

1. В среднеплейстоценовый период первоначальный рельеф был преобразован под воздействием ледников, явившихся причиной возникновения гранитных останцов различной формы [7, 8] (рис. 5).

2. На территории выделяются четыре палеоденудационные поверхности: высота первой поверхности, сформировавшейся в олигоцене, составляет 1600–1800 м над уровнем моря; высота второй поверхности, сформировавшейся в плиоцене, – 1200–1500 м; еще две поверхности образованы в четвертичном периоде и имеют отметки 1100–1200 м. Позднее потоки поверхностных вод размыли глубокие каньоны по тектонически ослабленным зонам и сформировали срединные горы [9].



Рис. 5. Останцы в горах Хуаншань (Жёлтые горы) (фото авторов)
Fig. 5. Huangshan (Yellow Mountains) peaks (photo by the authors)

Под действием сил гравитации формируются такие широко распространенные явления, как оползни. Они представляют собой движущуюся массу горных пород, состоящую обычно из рыхлого грунта, который не способен выдерживать нагрузку собственного веса, из-за чего и происходит его смещение. Данное геологическое явление очень опасно, поскольку подобные массы горных пород могут погребать под собой различные объекты, в том числе инженерные.

Увлажнение и размытие горных пород дождевой водой является наиболее частой причиной оползней. В результате этого грунт становится более тяжелым и подвижным, происходит его смещение под воздействием собственного веса [10].

Оползни возникают на склонах долин или речных берегов, в горах, на берегах морей. Наиболее часто они формируются на склонах, сложенных чередующимися водоупорными и водоносными породами. Если водоупорные слои сложены глиной, то при намокании во время обильных дождей глина становится скользкой. Силы трения, обеспечивающие сцепление грунтов или горных пород на склонах, оказываются меньше силы тяжести, и вся масса горной породы приходит в движение [11].



Оползни – типичные явления для Байкальского региона, они происходят с высокой частотой в летний период времени. Показательным примером является случай, когда в июле 1971 г. в период выпадения интенсивных осадков на участке протяженностью в 80 км между станциями Байкал и Култук произошло около 100 обвалов-оползней объемом от 5 до 1000 м³ [12]. Еще один пример – это оползень, сошедший 27–28 июля 2019 г. на двух участках федеральной трассы Р-258 «Байкал»: на 155-м километре в Слюдянском районе в результате проливных дождей обрушилась часть склона горного массива (рис. 6) [13]. Угол склонового откоса на этом участке составляет около 60°. В летний период времени в данном регионе выпадает около 40 % осадков от их общего годового количества – до 240 мм из суммарных 560 мм в год. Очевидно, что основной причиной, которая привела к нарушению устойчивости массива грунта в откосах, являлось снижение механических характеристик (внутреннего угла трения и коэффициента сцепления) и увеличение объемного веса грунта в результате его обводнения. Таким образом, из-за сильных дождей произошло увлажнение и размытие горных пород дождевой водой. В результате этого грунт стал более тяжелым и подвижным и произошло его смещение.

Что касается Китая, то две трети территории страны занимают горно-складчатые сооружения, в связи с чем широкое распространение получили разнообразные склоновые процессы, в том числе и оползни. Формированию последних способствуют сильная расчлененность рельефа, состав горных пород, гидрологический режим, большая интенсивность ливневых осадков, выпадающих одновременно, хозяйственная деятельность человека [14].

Средняя плотность развития склоновых процессов на территории Китая к югу от р. Янцзы составляет 30–100 случаев на 1000 км², максимальна она в бассейне р. Байлунцзян в Сино-Тибетских горах; в восточных районах частота склоновых процессов уменьшается до 10–30 случаев на 1000 км² [15]. Таким образом, оползневая активность более характерна для южной, юго-западной и центральной частей Китая, что связано со значительной расчлененностью рельефа районов. Например, одним из наиболее разрушительных был оползень, произошедший 12 мая 2008 г. в уезде Вэньчуан в результате землетрясения. Примерно через 10 минут после землетрясения масса грунта обрушилась с высоты 980 м до высоты 660 м в объеме 14·10⁵ м³ менее чем за 10 секунд [16].



Рис. 6. Оползень в Слюдянском районе, восточный берег Южно-Байкальской котловины Байкальского региона [13]

Fig. 6. Landslide in Slyudyansky district, eastern coast of the South Baikal basin, Baikal region [13]



В восточной части Китая также имеет место формирование оползней, но в гораздо меньших количествах и масштабах. Так, например, во время полевой практики на территории восточной части Китая наблюдался оползень, сформировавшийся на южном склоне горы Цзыцзиньшань (Пурпурная гора). Годовая норма осадков в районе составляет около 700 мм в год. Здесь фиксируются отметки до 448 м над уровнем моря. Основным материалом, слагающим оползневое тело, – это песчаники и аргиллиты. Угол склона достигает 45°. Внешний вид растительности свидетельствует о современном его формировании. В качестве инженерной защиты от схода данного оползня – в роли подпорной стенки – выступает деревянный забор (рис. 7).

Одними из наиболее распространенных являются геодинамические процессы, связанные с поверхностными водами, в том числе селеформирование. Сель – это внезапно формирующийся грязекаменный поток, в котором присут-

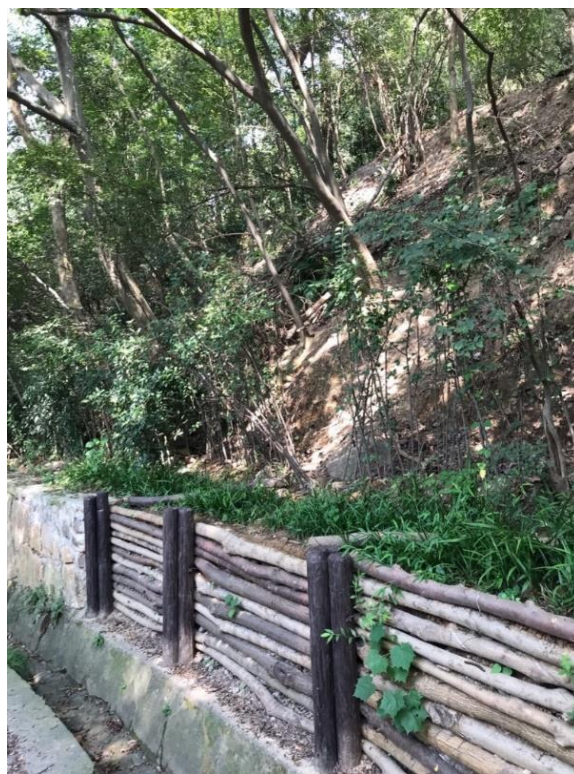
ствует большой объем обломков горных пород, камней, минеральных частиц и др.

Главными условиями, от которых зависит образование селей, являются:

- климатические и микроклиматические условия района, с которыми связано неравномерное распределение осадков, образование ливней, накопление снега и ледников и бурное их таяние в определенные весенне-летние периоды;

- геоморфологические условия, определяющие размеры и форму водосборных бассейнов, высотное их положение, уклоны поверхностей рельефа и строение долин горных рек и временных водотоков;

- геологические условия, определяющие накопление рыхлого материала в водосборных бассейнах или в некоторых их частях, развитие разнообразных геологических процессов (выветривание, гравитационные и др.), участвующих в образовании этого материала, а также древние, новейшие и современные тектонические движения.



**Рис. 7. Оползень на южном склоне горы Цзыцзиньшань (Пурпурная гора)
(фото авторов)**

**Fig. 7. Landslide on the southern slope of Zijin Shan (Purple Mountain)
(photo by the authors)**



Весьма широко процесс селеформирования развит в пределах Тункинской рифтовой зоны. Пример тому – грязекаменный поток, сошедший со склонов Тункинских гор 28 июня 2014 г. в районе пос. Аршан (рис. 8). Селевый поток, достигший курортной и жилой зон, был сложен аллювиальными, делювиальными и пролювиальными отложениями мощностью до 6 м, представленными валунно-гравийными образованиями различной степени окатанности с большим количеством песчано-глинистого заполнителя (см. рис. 8). Материал был плохо отсортирован, что указывает на большую скорость потока. Ширина селевого потока составляла 250 м, постепенно увеличивалась при подходе к курорту «Саяны» до 350 м (без учета песчано-суглинистых отложений). Общая мощность отложений составила 4,5–6 м. Видимая длина – 1,5–2 км [17]. В ночь с 27 на 28 июня 2014 г. селевые потоки в районе пос. Аршан были сформированы вследствие выпадения обильных осадков в горах. Ливневый фронт имел локальный характер, был сконцентрирован в межгорной впадине долины р. Кынгарга, о чем свидетельствуют данные метеостанции Тунка, находящейся в 28 км южнее места событий, согласно которым зафиксированное

количество осадков в это время (27–28 июня 2014 г.) не превысило норму и составило 7 мм [18].

Зависимость формирования селей от геологического строения заключается в том, что метаморфические породы при выветривании распадаются на фракции, размеры которых изменяются от мелких до крупных обломков, которые во время паводков легко вовлекаются в потоки и в общей массе транспортируются селями. В тех бассейнах, где распространены граниты, при выветривании распадающиеся на обломки, наиболее крупные из которых достигают 3–6 м в диаметре, а мелкие представлены дресвой, сели отсутствуют. Источниками рыхлообломочного материала для селей в Прибайкалье являются оползни-сплывы, оползни-блоки, обвалы и осыпи [12].

На территории Китая более 80 % всех селевых потоков формируется в восточных районах Юньнаньского нагорья, горных районах западной части Сычуаньской котловины (в 1980 г. в 50 уездах произошло более 1000 селей), в горном районе Циньлин – Дабешань, на восточных окраинах Цинхай-Тибетского плато, в горах юга провинции Ляонин и в бассейне р. Байлунцзян в провинции Ганьсу [14].



**Рис. 8. Результат схода селя в пос. Аршан
(фото автора Л.И. Аузиной)**

**Fig. 8. The result of the mudslide in the village of Arshan
(photo by Larisa I. Auzina)**



Как показывает анализ литературных источников, селевые потоки для восточной части Китая не характерны, это подтверждают и результаты полевых работ. Вероятнее всего, данный факт связан с тем, что климатические, геоморфологические и геологические факторы селеформирования в этом районе выражены в меньшей степени, в частности здесь нет резких перепадов температуры, не выражены формы рельефа, благоприятные для накопления обломочного материала, сформировавшегося в результате выветривания, в том числе ледниковые формы.

Обсуждение результатов

Таким образом, основными факторами, предопределяющими интенсивность экзогенных процессов как в горном обрамлении Тункинской котловины, так и

в горах Восточного Китая, являются (таблица):

- высокая степень расчлененности рельефа;
- интенсивность развития дизъюнктивных нарушений (наиболее мощное выветривание происходит по разуплотненным породам зон разломов);
- особенности литологического строения (в наибольшей степени выветриванию подвержены осадочные породы, значительно меньше – интрузивные тела);
- климат (важно количество атмосферных осадков, перепад температурного режима, физико-химическое взаимодействие горных пород с кислородом воздуха и поверхностными водами);
- растительный покров и корневая система растений².

Сопоставление основных факторов формирования геодинамических процессов в рассматриваемых регионах Comparison of the study regions: the main factors of the geodynamic processes formation

Фактор	Байкальская рифтовая система, Тункинская долина	Восточная часть Южно-Китайского блока, гора Цзыцзиньшань (Пурпурная гора)
Абсолютные отметки, м	1500–2500	30–418
Перепад высот, м	1000	388
Климат	Резко континентальный	Субтропический
Температура, °С	-45...+36	-10...+35
Среднегодовая норма осадков, мм/год	367	700
Сейсмичность	Высокосейсмичный район	Асейсмичная зона
Геологическое строение	Кристаллические сланцы, граниты	Граниты
Рельеф	Резкорасчлененный	Горный
Ландшафт	Горно-тундровый	Горно-лесной
Наличие ледниковых форм	Присутствуют	Отсутствуют
Растительность	Отсутствие растительности в результате преобладания гольцов	Широкое развитие тропических и хвойных лесов по всему горно-складчатому комплексу
Ведущие геодинамические процессы	Выветривание, оползни, сели	Выветривание

² Лобацкая Р.М., Мац В.Д., Аузина Л.И., Шиленков В.Г., Лиштва А.В. Международная полевая практика на Байкале. География, геология, зоология, ботаника: учеб. пособие. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2008. 184 с.



Наиболее распространенным на исследуемых территориях процессом, причины формирования которого на этих территориях сходны, является выветривание.

Развитие оползней зависит от морфологического облика рельефа, геологического строения, тектонической раздробленности и скорости выветривания коренных пород [12]. Для Байкальского региона характерна высокая оползневая активность. В восточной части Китая этот процесс выражен в меньшей степени. Как отмечалось выше, при формировании оползней большое значение имеет состав пород, слагающих разрез верхней части земной коры. Наибольшее количество оползневого материала представлено легко размываемыми песчано-глинистыми отложениями и сланцами, то есть осадочными породами. В меньшей степени разрушаются магматические и метаморфические породы. Песчаные отложения, находящиеся в различном сочетании с алевролитами, сланцами, гравелитами, конгломератами (восточный берег Южно-Байкальской котловины, Байкальская рифтовая система) и переслаивание песчаников с аргиллитами (южный склон горы Цзыцзиньшань, Южно-Китайский блок) являются основой для оползневой активности в регионах. В дополнение к литологии периодические ливневые осадки, высокая влажность и крутизна склонов также способствуют образованию оползней.

Резкая расчлененность рельефа, сейсмическая активность, интенсивность накопления рыхлого осадочного материала, образующегося в результате выветривания, крутизна склонов гор, наличие ледниковых каров и катастрофическое единовременное выпадение осадков инициируют сход селей на территории Тункинской рифтовой зоны. На территории восточной части Китая складывается иная ситуация: селеформирование там практически не наблюдается. Несмотря на то, что количество осадков здесь

значительно выше, чем в Байкальском регионе, остальные факторы селеформирования выражены в значительно меньшей степени.

Заключение

Формирование опасных геологических процессов происходит в результате сложного взаимодействия эндогенных и экзогенных факторов, определяющих повторяемость, структуру и динамику их развития в зависимости от высокой сейсмотектонической активности, морфологического и геологического строения, климатических особенностей [12].

Сравнивая основные геолого-геоморфологические характеристики Байкальского района и района дельты р. Янцзы, можно сделать вывод о том, что интенсивный процесс выветривания характерен для обеих территорий, широко развитый в Тункинской зоне процесс оползнеобразования менее характерен для восточного Китая. Климатические особенности, в том числе различный уровень единовременных осадков, сейсмичность, наличие ледниковых форм и отсутствие мощной склоновой растительности, обуславливают селевую активность в Тункинских гольцах в районе Тункинской зоны и ее отсутствие в восточной части Китая.

Отсутствие крупномасштабных карт, отражающих опасные территории, и надлежащего контроля по отводу земель, заведомо нуждающихся в защите от геологических процессов, с каждым годом приводит к все большему расширению зон опасностей и рисков как в Восточной части Китая, так и по всему Байкальскому региону. Анализ реальной ситуации, фрагмент которого представлен в статье, позволяет прогнозировать вероятность возникновения таких опасных экзогенных процессов и своевременно предпринимать меры по минимизации их негативных воздействий, а также может быть основой для составления генетико-морфологических инженерно-геологических карт.



Библиографический список

1. Щетников А.А. Проявление гобийского механизма горообразования в Байкальской рифтовой зоне (на примере Тункинского рифта) // География и природные ресурсы. 2008. № 3. С. 31–35.
2. Диденков Ю.Н., Аузина Л.И. Гидротермальные системы различных окраин литосферных плит // Геотермальная вулканология, гидрогеология, геология нефти и газа: материалы Всерос. науч. конф. с междунар. уч. «Geothermal Volcanology Workshop 2019». Петропавловск-Камчатский: Изд-во ИВиС ДВО РАН, 2019. С. 35–38.
3. Котовщикова М.А. Развитие геосистем Южного Прибайкалья в условиях рифтогенеза // География и природные ресурсы. 2014. № 2. С. 54–61.
4. Геология, тектоника и глубинное строение Китая // Virtual Upper Mantle of the Earth [Электронный ресурс]. URL: http://www.virtualuppermantle.info/RU/China-Geology_RU (13.01.2020).
5. Earthquake Report: China // Jay Patton online [Электронный ресурс]. URL: <http://earthjay.com/?p=5692> (15.09.2019).
6. Molnar P., Tapponnier P. Cenozoic tectonics of Asia: effects of a continental collision // Science. 1975. Vol. 189. Iss. 4201. P. 419–426. <https://doi.org/10.1126/science.189.4201.419>
7. Хуаншань (горы) // Планета Земля. Историческая география [Электронный ресурс]. URL: <https://geosfera.org/aziya/kitaj/2306-huanshan.html> (13.01.2020).
8. Geology of China // Wikipedia [Электронный ресурс]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Geology_of_China (13.01.2020).
9. Huang Pei-hua, Diffendal R.F., Yang Mingqing, Helland P.E. Mountain evolution and environmental changes of Huangshan (Yellow Mountain), China // Journal of Chinese Geography. 1999. Vol. 9. No. 1. P. 25–34.
10. Косырева Н.С. Мониторинг оползневых процессов в городе Ульяновск // В мире научных открытий: матер. II Междунар. студ. науч. конф. [Электронный ресурс]. URL: <http://lib.ugsha.ru:8080/bitstream/123456789/14995/1/2018-09-50-52.pdf> (13.01.2020).
11. Инженерная защита от оползней // Центр инженерно-геологических изысканий и проектирования «Геосфера» [Электронный ресурс]. URL: <http://geospherecenter.ru/inzhenernaya-zashhita-ot-opolznej> (09.01.2020).
12. Качура Р.А., Куклин А.С., Лапердин В.К., Тимофеев Н.В. Геологические опасности в зоне освоения побережья озера Байкал на участке порт Байкал – пос. Култук // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2010. № 3 (43). С. 22–29.
13. В Слюдянском районе на трассе «Байкал» сошел оползень // IRK.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://www.irk.ru/news/20190728/landslip> (14.09.2019).
14. Фортигина Е.А. Стихийные бедствия // КНР: экономика регионов. М.: Изд-во ИДВ РАН, 2015. С. 546–571.
15. Физическая география Китая // Синьхуа новости [Электронный ресурс]. URL: http://russian.news.cn/2016-03/21/c_135204440.htm (13.01.2020).
16. Свалова В.Б., Заалишвили В.Б., Ганapati Г.П., Николаев А.В., Мельков Д.А. Оползневый риск в горных районах // Геология и геофизика Юга России. 2019. Т. 9. № 2. С. 109–126.
17. Денисенко И.А., Аузина Л.И. Оценка условий формирования и размеров селевого потока в пос. Аршан с использованием данных дистанционного зондирования Земли // Геология, поиски и разведка полезных ископаемых и методы геологических исследований: матер. Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. уч. «Геонауки-2016». Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2016. С. 76–80.
18. Рыбченко А.А., Кадетова А.В., Козырева Е.А. Особенности формирования селей и селевая опасность Тункинских гольцов (Республика Бурятия, Россия) // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита: труды 5-й Междунар. конф. Тбилиси: Универсал, 2018. С. 550–558.

References

1. Shchetnikov AA. Manifestation of the Gobi mechanism of mountain formation in the Baikal rift zone: a case study of the Tunka rift. *Geografiya i prirodnye resursy*. 2008;3:31–35. (In Russ.)
2. Didenkov YuN, Auzina LI. Hydrothermal systems of the various margins of lithospheric plates. In.: *Geotermal'naya vulkanologiya, gidrogeologiya, geologiya nefi i gaza: materialy Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem "Geothermal Volcanology Workshop 2019"* = Geothermal Volcanology, Hydrogeology, Oil and Gas Geology: Materials of the All-Russian scientific conference with international participation "Geothermal Volcanology Workshop 2019". Petropavlovsk-Kamchatsky: Institute of Volcanology and Seismology, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences; 2019. p.35–38. (In Russ.)
3. Kotovshchikova MA. Development of the Southern Baikal region geosystems in the conditions of rift genesis. *Geografiya i prirodnye resursy*. 2014;2:54–61. (In Russ.)
4. Geology, tectonics and deep structure of China. *Virtual Upper Mantle of the Earth*. Available from: <http://www.virtualuppermantle.info/RU/China->



Geology_RU [Accessed 13th January 2020]. (In Russ.)

5. Earthquake Report: China. Jay Patton online. Available from: <http://earthjay.com/?p=5692> [Accessed 15th September 2019].

6. Molnar P, Tapponnier P. Cenozoic tectonics of Asia: effects of a continental collision. *Science*. 1975;189(4201):419–426. <https://doi.org/10.1126/science.189.4201.419>

7. Huangshan (mountains). *Planeta Zemlya. Istoricheskaya geografiya* = Planet Earth. Historical geography. Available from: <https://geosfera.org/aziya/kitaj/2306-huanshan.html> [Accessed 13th January 2020]. (In Russ.)

8. Geology of China. *Wikipedia*. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Geology_of_China [Accessed 13th January 2020]. (In Russ.)

9. Huang Pei-hua, Diffendal RF, Yang Ming-qing, Helland PE. Mountain evolution and environmental changes of Huangshan (Yellow Mountain), China. *Journal of Chinese Geography*. 1999;9(1):25–34.

10. Kosyreva NS. Monitoring of limited processes in the city of Ulyanovsk. *V mire nauchnykh otkrytii: materialy II Mezhdunarodnoi studencheskoi nauchnoi konferentsii* = In the world of scientific discoveries: Proceedings of the 2nd International Students' Scientific Conference. Available from: <http://lib.ugsha.ru:8080/bitstream/123456789/14995/1/2018-09-50-52.pdf> [Accessed 13th January 2020]. (In Russ.)

11. Landslide engineering protection. *Tsentri inzhenerno-geologicheskikh izyskaniy i proektirovaniya "Geosfera"* = Center for Engineering and Geological Survey and Design "Geosphere". Available from: <http://geospherecenter.ru/inzhenernaya-zashchita-ot-opolznei> [Accessed 9th January 2020]. (In Russ.)

12. Kachura RA, Kuklin AS, Laperdin VK, Timofeev NV. Geological hazards in the development area of Lake Baikal shores on the site Port Baikal – Kultuk settlement. *Vestnik Irkutskogo*

gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Proceedings of Irkutsk State Technical University. 2010;3:22–29. (In Russ.)

13. Landslide on the route "Baikal", Slyudyansky district. *IRK.ru*. Available from: <https://www.irk.ru/news/20190728/landslip> [Accessed 14th September 2019]. (In Russ.)

14. Fortygina EA. Natural disasters. In: *KNR: ekonomika regionov* = China: regional economy. Moscow: Institute of Far Eastern Studies, RAS; 2015. p.546–571. (In Russ.)

15. Physical geography of China. *Sin'khua novosti* = Xinhua news. Available from: http://russian.news.cn/2016-03/21/c_135204440.htm [Accessed 13th January 2020]. (In Russ.)

16. Svalova VB, Zaalishvili VB, Ganapathy GP, Nikolaev AV, Melkov DA. Landslide risk in mountain areas. *Geologiya i geofizika Yuga Rossii* = Geology and Geophysics of Russian South. 2019;9(2):109–126. (In Russ.)

17. Denisenko IA, Auzina LI. Estimation of the conditions and scale of the mudflow in the village of Arshan using the Earth remote sensing data. In: *Geologiya, poiski i razvedka poleznykh iskopaemykh i metody geologicheskikh issledovaniy: materialy Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem "Geonauki-2016"* = Geology, Exploration and Survey of Minerals, and Geological Research Methods: Proceedings of the All-Russian scientific and technical conference with international participation "Geosciences-2016". Irkutsk: Irkutsk National Research Technical University; 2016. p.76–80. (In Russ.)

18. Rybchenko AA, Kadetova AV, Kozireva EA. Formation conditions and hazard analysis of debris flows in the Tunka ridge, Siberia, Russia. In: *Selevye potoki: katastrofy, risk, prognoz, zashchita: trudy 5-i Mezhdunarodnoi konferentsii* = Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection: Proceedings of the 5th International conference. Tbilisi: Universal; 2018. p.550–558. (In Russ.)

Критерии авторства / Authorship criteria

Аузина Л.И., Чжан Юнчжань, Устюжанин А.О., Ярошук Я.А., Масликов О.С., Ковтун К.К. написали статью, имеют равные авторские права и несут одинаковую ответственность за плагиат.

Larisa I. Auzina, Zhang Yongzhan, Alexandr O. Ustyuzhanin, Ilya A. Yaroshchuk, Oleg S. Maslikov, Ksenia K. Kovtun are the authors of the article, hold equal copyright and bear equal responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов / Responsibility for plagiarism

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

All authors have read and approved the final version of this manuscript.



Сведения об авторах / Information about the authors

**Аузина Лариса Ивановна,**

кандидат геолого-минералогических наук, доцент,
доцент кафедры прикладной геологии,
геофизики и геоинформационных систем,
Институт недропользования,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
✉ e-mail: lauzina@mail.ru

Larisa I. Auzina,

Cand. Sci. (Geol. & Mineral.), Docent,
Associate Professor, Department of Applied Geology,
Geophysics, and Geoinformation Systems,
Institute of Subsoil Use,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
✉ e-mail: lauzina@mail.ru

**Чжан Юнчжань,**

кандидат наук,
Школа географии и океанологии,
Нанкинский университет,
210023, г. Нанкин, просп. Сяньлинь, 163, Китай,
e-mail: zhangyzh@nju.edu.cn

Yongzhan Zhang,

PhD,
School of Geography & Ocean Science,
Nanjing University,
163 Xianlin Ave, Nanjing 210023, China,
e-mail: zhangyzh@nju.edu.cn

**Устюжанин Александр Олегович,**

студент,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: al.ust7@yandex.ru

Alexandr O. Ustyuzhanin,

Student,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
e-mail: al.ust7@yandex.ru

**Ярошук Илья Александрович,**

студент,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: ilya.yaroshuck@yandex.ru

Ilya A. Yaroshchuk,

Student,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
e-mail: ilya.yaroshuck@yandex.ru



Масликов Олег Сергеевич,

студент,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: maslikov-oleg@mail.ru

Oleg S. Maslikov,

Student,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
e-mail: maslikov-oleg@mail.ru



Ковтун Ксения Константиновна,

студентка,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: 89500941046k@gmail.com

Ksenia K. Kovtun,

Student,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
e-mail: 89500941046k@gmail.com