GeoRisk
2/2017

ГеоРиск

ISSN 1997-8669 (Print)
ISSN 2587-8220 (Online)

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

ИГИИС

Саморегулируемая организация

АИИС

Ассоциация
«Инженерные изыскания
в строительстве»

Обзор опасных природных явлений за январь — апрель 2017 года
ШАНИНА В.В.
МГУ им. М.В. Ломоносова
4

Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли: сейсмологические исследования
МОЛДОБЕКОВ Б.Д., КАЛЬМЕТЬЕВА З.А., ЗУБОВИЧ А.В., ШАРШЕБАЕВ А.К., АБДЫБАЧАЕВ У.А., ОРУНБАЕВ С.Ж.
Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли
12

Синоптический долгосрочный прогноз мест ожидаемой сейсмической активизации на территории Узбекистана
АРТИКОВ Т.У., ИБРАГИМОВ Р.С., ИБРАГИМОВА Т.Л., МИРЗАЕВ М.А.
Институт сейсмологии им. Г.А. Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан
20

Методика оценки взаимовлияния совокупности опасных природных явлений
КУЛЫГИН В.В.
Институт аридных зон Южного научного центра РАН
30

Масштабы и опасность наводнений в Приволжском регионе России
РАЗУМОВ В.В.
Почвенный институт им. В.В. Докучаева
РАЗУМОВА Н.В.
АО «Российские космические системы» Роскосмоса
ПЧЕЛКИН В.И.
Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России
38

Оценка опасности проявления селей в Южном Прибайкалье в современный период
МАЛЬНЕВА И.В.
ФГУП «ВСЕГИНГЕО
КОНОНОВА Н.К.
Институт географии РАН
КРЕСТИН Б.М.
ФГУП «ВСЕГИНГЕО
56

Датирование селевой активности в горно-ледниковом бассейне Актру (Горный Алтай)
НИКОЛАЕВА С.А., САВЧУК Д.А., КУЗНЕЦОВ А.С.
Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН
62

ПРИЛОЖЕНИЕ
Можно ли предсказать землетрясения или нельзя, поскольку это промысел Божий?
Отрывок из книги А.М. Городницкого «Тайны и мифы науки. В поисках истины»
70

Рефераты на английском языке 74

ГеоРиск

НАУЧНО–РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

БОГДАНОВ М.И.
Председатель научно-редакционного совета, главный редактор, генеральный директор ООО «ИГИИС», к.г.-м.н.

АЛАБЯН А.М.
Доцент кафедры гидрологии суши географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, к.г.н.

ГОРОДНИЦКИЙ А.М.
Заслуженный деятель науки РФ, академик РАЕН, главный научный сотрудник Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, д.г.-м.н., профессор

ЗЕРКАЛЬ О.В.
Заведующий лабораторией инженерной геодинамики и обоснования инженерной защиты территорий геологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, к.г.-м.н.

КАЗАКОВ Н.А.
Директор Сахалинского филиала Дальневосточного геологического института ДВО РАН, заведующий лабораторией лавинных и селевых процессов, к.г.-м.н., доцент

КОСИНОВА И.И.
Заведующая кафедрой экологической геологии геологического факультета Воронежского государственного университета, д.г.-м.н., профессор

ЛЕВИН Б.В.
Председатель Сахалинского научного центра ДВО РАН, председатель комиссии по цунами Отделения наук о Земле РАН, д.ф.-м.н., профессор

МАКСИМОВИЧ Н.Г.
Заместитель директора по научной работе Естественно-научного института Пермского государственного национального исследовательского университета, к.г.-м.н., доцент

РАЗУМОВ В.В.
Профессор кафедры картографии и геоинформатики Северо-Кавказского федерального университета, главный научный сотрудник АО «Российские космические системы» Роскосмоса, д.г.н

САСОРОВА Е.В.
Главный научный сотрудник Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, д.ф.-м.н.

СВЯТЕНКО И.Ю.
Председатель комиссии по безопасности Московской городской думы, д.т.н.

ТРОФИМОВ В.Т.
Советник ректората, заведующий кафедрой инженерной и экологической геологии геологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, д.г.-м.н., профессор

Review of natural hazardous events for January — April of 2017
SHANINA V.V.
Lomonosov Moscow State University
4

Central-Asian institute for applied geosciences: seismological researches
MOLDOBEKOV B.D., KALMETIEVA Z.A., ZUBOVICH A.V., SHARSHEBAEV A.K., ABDYBACHAEV U.A., ORUNBAEV S.J.
CAIAG
12

Synoptic long-term forecast of expecting seismic activity places in Uzbekistan
ARTIKOV T.U., IBRAGIMOV R.S., IBRAGIMOVA T.L., MIRZAEV M.A.
G.A. Mavlyanov Institute of Seismology, Academy of Science of the Republic of Uzbekistan
20

Method for assessment of multiple natural hazard interaction
KULYGIN V.V.
Institute of Arid Zones Southern Scientific Center of Russian Academy of Sciences
30

Magnitude and hazard of floods in the Volga region of Russia
RAZUMOV V.V.
V.V. Dokuchaev Soil Science Institute
RAZUMOVA N.V.
JSC Rossiyskiye kosmicheskiye sistemy of Roskosmos
PCHELKIN V.I.
All-Russian Research Institute on Problems of Civil Defence and Emergency Situations of Emercom of Russia
38

Debris flow hazard assessment for the Southern Baikal region at the present stage
MALNEVA I.V.
FGUP «VSEGINGEO»
KONONOVA N.K.
Institute of Geography RAS
KRESTIN B.M.
FGUP «VSEGINGEO»
56

Dating of debris flow activity in the Aktru mountain glacial basin (the Altai mountains)
NIKOLAEVA S.A., SAVCHUK D.A., KUZNETCOV A.S.
Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of the Siberian Branch of the RAS
62

APPENDIX
Is it possible to forecast earthquakes or not, because it is God's Providence?
A piece out of the book of «Mysteries and myths of the science. In search of the truth» by A.M. Gorodnitskiy
70

Summaries in English 74

РЕДАКЦИЯ

ТОРБИНА ЕКАТЕРИНА
Генеральный директор

ВИСХАДЖИЕВА КАРИНА
Литературный редактор

КРЕНДЯСОВА ОЛЬГА
Корректор

КРЮКОВ ПАВЕЛ
Отдел рекламы
kpp@geomark.ru

УЗГАНОВ ГРИГОРИЙ
Отдел подписки и распространения
pr@geomark.ru

ИП ГИЛМАНОВ М.А.
Дизайн и верстка
maratg70@mail.ru

107076, Москва,
ул. Электрозаводская, дом 60
Тел.: +7 (495) 210-63-90, 210-63-06
e-mail: info@geomark.ru

Редакция может не разделять точку зрения автора. За содержание рекламных материалов редакция ответственности не несет.

Подписано в печать 05.06.2017. Тираж 1000 экз.

Формат: 50x70/8.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС 77–48920 от 20 марта 2012 г.

Цена свободная. © ООО «Геомаркетинг»

Журнал включен в перечень ВАК

По вопросам подписки обращайтесь в редакцию.
Подписной индекс ОАО Агентства «Роспечать» 71510.
Подписные индексы в объединенном каталоге «Пресса России»: 42192 (полугодовой), 42193 (годовой).

Фото на обложке: https://www.climaterealityproject.org/sites/climaterealityproject.org/files/uploads/2013/12/800px-Jamestown_Colorado_Cut_Off_by_2013_Colorado_Floods.jpg

ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ СЕЛЕЙ В ЮЖНОМ ПРИБАЙКАЛЬЕ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД

DEBRIS FLOW HAZARD ASSESSMENT FOR THE SOUTHERN BAIKAL REGION AT THE PRESENT STAGE

МАЛЬНЕВА И.В.
Ведущий научный сотрудник ФГУП «ВСЕГИНГЕО», к.г.-м.н., пос. Зеленый, Московская область, malnir@mail.ru

КОНОНОВА Н.К.
Инженер-исследователь лаборатории климатологии Института географии РАН, к.г.н., г. Москва, NinaKononova@yandex.ru

КРЕСТИН Б.М.
Ведущий научный сотрудник ФГУП «ВСЕГИНГЕО», пос. Зеленый, Московская область, krebor@rambler.ru

MALNEVA I.V.
Leading researcher, FGUP «VSEGINGEO», PhD (Candidate of Science in Geology and Mineralogy), Zeleny village, Moscow Region, malnir@mail.ru

KONONOVA N.K.
Scientific researcher of the Laboratory of Climatology, Institute of Geography RAS, PhD (Candidate of Science in Geography), Moscow, NinaKononova@yandex.ru

KRESTIN B.M.
Leading researcher, FGUP «VSEGINGEO», Zeleny village, Moscow Region, krebor@rambler.ru

Ключевые слова: сели; парагенетический комплекс; температура воздуха; атмосферная циркуляция; элементарный циркуляционный механизм (ЭЦМ).

Аннотация: рассмотрена вероятность формирования селей в ближайшем десятилетии на территории Южного Прибайкалья, где на конусах выноса расположены и продолжают активно развиваться города Слюдянка, Байкальск и другие населенные пункты. В зонах повышенной селевой опасности и риска проходят важные для России и стран Тихоокеанского региона железная и шоссейная дороги, линии электропередачи и связи. Оценка опасности селей дана на основании анализа интенсивности их проявления и метеорологических факторов, их обуславливающих. При этом используется методика авторов, позволяющая выявить типы атмосферной циркуляции — элементарные циркуляционные механизмы, определяющие синоптические условия, при которых наиболее вероятно формирование селей.

Key words: debris flow; paragenetic complex, air temperature; atmospheric circulation; elementary circulation mechanism (ECM).

Abstract: the probability of debris flow formation in the Southern Baikal region for the next decade was reviewed. This is an urgent issue for the territory, because Slyudyanka and Baykalsk towns and other settlements are situated and actively developing on the debris-flow fans in this region. Besides, railway and highways, power and communication lines, that are extremely important for Russia and countries of the Pacific Rim, pass here. Debris flow hazard assessment is conducted using data about debris flow activity and meteorological factors causing debris flows. For this aim, it was applied author's method enabled to identify types of atmospheric circulation — atmospheric elementary circulation mechanisms. They set the synoptic aspects, that are the most favorable for debris flow formation.

Введение

В последние десятилетия значительно увеличилось количество природных катастроф на Земле. Большое влияние на их развитие оказывают, прежде всего, глобальные климатические изменения. Вторым глобальным процессом, обуславливающим рост природных катастроф, следует считать техногенез, который сопровождается ростом воздействия на окружающую среду и нарушением ее устойчивости, что также приводит к развитию опасных процессов [11].

В настоящее время внимание многих исследователей привлекает вероятность возникновения природных катастроф на территории Прибайкалья в связи с активизацией селей, прежде всего, на юге региона. Здесь в узкой прибрежной полосе оз. Байкал на конусах выноса расположены и продолжают активно развиваться города Слюдянка, Байкальск и другие населенные пункты. В зонах повышенной селевой опасности и риска проходят важные для России и стран Тихоокеанского региона железная и шоссейные дороги, линии электропередачи и связи [9]. В свете этого актуальной задачей становится оценка опасности проявления селей в данном регионе. Для этой цели авторами использована концепция элементарных циркуляционных механизмов, позволяющая объяснить развитие атмосферных процессов в период подготовки селеобразования.

Методы и материалы

При анализе особенностей селепроявления на исследуемой территории были рассмотрены данные наблюдений метеостанций «Иркутск», «Хамар-Дабан» и др. Кроме того, применялись результаты анализа многолетнего режима атмосферной циркуляции, определяющей селеопасную погоду на данной территории (ЭЦМ по типизации Б.Л. Дзердзеевского), а также методические разработки авторов по этому вопросу [3, 4]. При оценке опасности были использованы результаты исследований ФГУП «ВСЕГИНГЕО» по прогнозированию селей и других опасных геологических процессов, а также материалы публикаций сотрудников Института земной коры Сибирского отделения РАН [7–9].

Интенсивность и активность селей на территории Южного Прибайкалья

Для оценки опасности развития экзогенных геологических процессов (ЭГП) по заданию Минприроды России во ФГУП «ВСЕГИНГЕО» в 2006 г. были составлены, в том числе долговременные, прогнозы селей для территории Прибайкалья. Коллективом авторов созданы «***Карта оценки интенсивности проявления современных геологических процессов и геологических опасностей освоения территории масштаба 1:2 500 000»*** и ***«Карта районирования территории Прибайкалья по степени опасности проявления ОЭГП[1] масштаба 1:500 000»*** [6] (рис. 1).

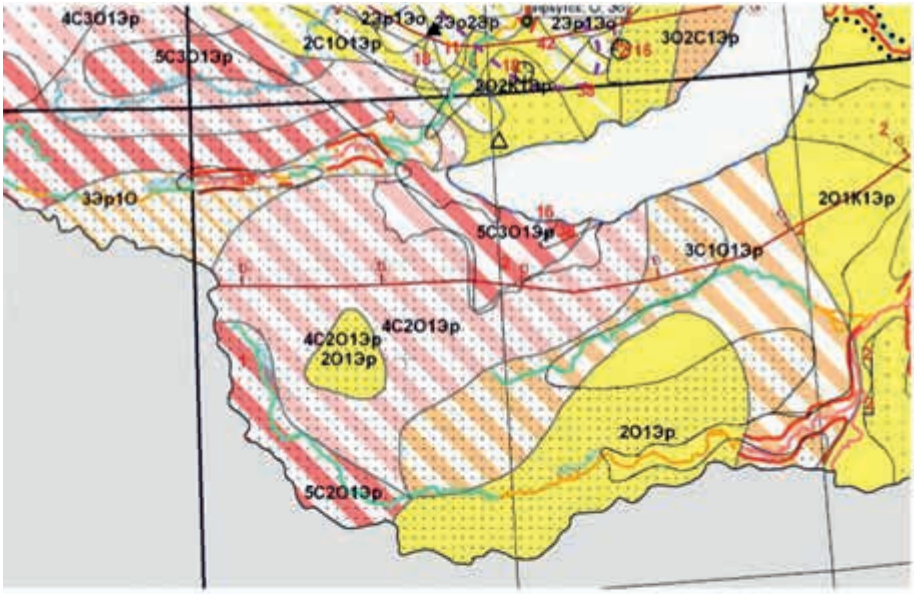
Информационной основой указанных карт являются:

1) «Карта экзогенных геологических процессов масштаба 1:2 500 000» [1], составленная на основании обширного фактического материала, полученного в ходе специального инженерно-геологического обследования, выполненного с целью определения пораженности территории этими процессами и оценки подверженности населенных пунктов и других хозяйственных объектов их воздействию. Обследование проводилось территориальными геологическими управлениями Министерства геологии СССР под методическим руководством ФГУП «ВСЕГИНГЕО» (с 1978 по 1985 г.). В результате для всех экономически освоенных территорий России были составлены инженерно-геологические карты условий развития экзогенных геологических процессов и их районирования по интенсивности проявления (масштаб 1:200 000 или 1:500 000 в зависимости от сложности природных условий);

2) «Карта районирования территории РФ по степени опасности проявления ОЭГП масштаба 1:2 500 000», составленная под руководством и при участии сотрудников ФГУП «ВСЕГИНГЕО». Выделяемые на карте парагенетические комплексы ЭГП в зависимости от условий развития последних характеризуются набором процессов, их относительным положением и интенсивностью проявления ведущего процесса в пределах выделенных комплексов.

При этом под опасностью проявления конкретного генетического типа ЭГП следует понимать вероятность возникновения его в данном месте, в заданное время и с определенными энергетическими характеристиками (скорость процесса; площадь и объемы горных пород, вовлеченных в него; дальность их перемещения и др.). Опасность не зависит от освоенности территории.

Количественная характеристика интенсивности проявления ЭГП оценивается по коэффициенту пораженности территории процессом (процессами) [6, 10]. Региональное распространение ЭГП показано в виде парагенетических комплексов, приуроченных к инженерно-геологическим регионам и инженерно-геологическим областям. Подразделение территории осуществлено по геолого-литологическому признаку, то есть по преимущественному развитию одной из восьми групп пород (скальных и полускальных магматических и мета-



Фрагмент карты оценки интенсивности проявления современных геологических процессов и геологических опасностей освоения территории Российской Федерации для Южного Прибайкалья

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Степень интенсивности проявления ЭГП

Пораженность территорий отдельными видами ЭГП от 5 до 25%

Пораженность территорий отдельными видами ЭГП более 25%

Категории оценки степени опасности

отсутствие опасности;
1 - незначительно опасная;
2 - малоопасная;
3 - умеренно опасная;
4 - весьма опасная;
5 - чрезвычайно опасная.

а) б) в) г)

Территории с преобладанием опасности: оползневой (а), селевой (б), эрозионной (в), карстовой (г). Окраска - в соотвествии с категорией наибольшей степени опасности

5С2О1Эр

Формула опасности проявлений процессов в пределах районов с различными типами сочетаний опасностей селей (С), оползней (О), эрозии овражной (Эо), эрозии речной (Эр)

Рис. 1. Фрагмент карты оценки интенсивности проявления современных геологических процессов и геологических опасностей освоения территории для Южного Прибайкалья (по [6])

[1] ОЭГП — опасные экзогенные геологические процессы.

морфических; скальных и полускальных осадочных нерастворимых; скальных и полускальных растворимых; грубообломочных; песчаных; песчано-глинистых; глинистых; лессовых).

Всего выделено 56 парагенетических комплексов, размещенных в матричной таблице. В ней представлено последовательное перечисление платформенных и горно-складчатых сооружений с размещенными в них геоморфологическими элементами, а также содержится перечень разнообразных сочетаний типов горных пород. На рисунке 1 представлен фрагмент карты опасности для Южного Прибайкалья, где отмечается наибольшая пораженность селями [6].

Комплексы ЭГП обозначены на карте определенным номером, который отражает их принадлежность к определенной группе пород, а также геоморфологическую обусловленность развития. Интенсивность селей и других ЭГП характеризуется по трем градациям величины пораженности территории опасными процессами: высокая — более 25%; средняя — 25–5%; низкая — менее 5% (дается по процессу, имеющему самую высокую интенсивность в границах комплекса).

С учетом большого разнообразия сочетаний конкретных значений показателей для различных территорий и невозможностью получения на настоящий момент корректных их статистических характеристик предлагается применить балльную систему оценки степени опасности, получаемую путем экспертного анализа данных о проявлениях процесса в конкретном регионе. При этом основными характеристиками, по которым оценивается опасность селей, являются: интенсивность развития процесса на данной территории, объемы единовременных выносов, расходы и скорости движения селевых потоков, а также их активность.

На представленном фрагменте карты в зависимости от интенсивности процессов выделены участки с различной степенью опасности. Она дается в баллах (1–5) и показана цветовым фоном: от белого (отсутствие опасности) до красного (чрезвычайно опасно). Тип фоновой окраски (сплошная заливка, полосами разной толщины и т.д.) зависит от типа протекающих процессов: оползни, сели, эрозия, карст (см. рис. 1). Для каждого участка приводится формула интегральной опасности (например, С5О4Эр2Эо1К1 — чрезвычайно опасная для селей, весьма опасная для оползней, мало опасная для русловой эрозии, незначительно опасная для овражной эрозии и карста).

Под активностью селей понимается частота их проявления или продолжительность межселевого периода.

Интенсивность селей может быть принята за постоянную величину, практически не изменяющуюся во времени, в то время как их активность изменяется во времени и испытывает циклические колебания различной продолжительности в зависимости от факторов, обуславливающих развитие этого процесса [10, 12].

Таким образом, составленная при участи авторов **«Карта оценки интенсивности проявления современных геологических процессов и геологических опасностей освоения территории масштаба 1:2 500 000»** является фоном для оценки опасности проявления селей в Южном Прибайкалье. Высокая пораженность данной территории селевыми и другими экзогенными геологическими процессами, в первую очередь, эрозией, обусловливает необходимость уделять пристальное внимание безопасности промышленных и других хозяйственных объектов. Наиболее опасные территории хорошо выделяются на карте. Именно на них нужно обращать внимание в условиях современных климатических изменений, при которых активность проявления селей, напрямую связанная с погодными экстремумами, может значительно увеличиться.

Оценка быстроизменяющихся факторов, определяющих активность селей

Из-за недостаточности информации о проявлении селей оценка их активности в 2006 г. для Прибайкалья давалась на основании экстраполяции многолетней тенденции быстроизменяющихся факторов, определяющих условия селеформирования. Это температура воздуха, количество и режим осадков, а также характер погоды, обуславливающий определенный режим этих факторов и определяющийся преобладанием в атмосферной циркуляции Северного полушария тех или иных элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ по типизации атмосферной циркуляции Б.Л. Дзердзеевского). В основу использованной типизации положено направление и количество блокирующих процессов и выходов южных циклонов на всем Северном полушарии [3, 4]. Типу погоды при каждом ЭЦМ соответствует свой температурный режим, а также режим и степень увлажнения территории. Наиболее опасны с точки зрения селепроявления ЭЦМ, при которых наблюдаются выходы южных циклонов, приносящих на территорию Прибайкалья ливни и потепление (13л, 7ал, 2а, 12а, 9а) [8]. Степень опасности тех или иных ЭЦМ удалось установить на основе анализа всех известных случаев формирования селей на территории особенно опасного в настоящее время Южного Прибайкалья.

В пределах этого региона сели сходят в основном в июле при значительных суточных осадках (50–100 мм в сутки и более) на фоне многодневных затяжных дождей. После 60-х годов XX в. сели формировались чаще при погоде, свойственной ЭЦМ 13л, с которым связаны наиболее разрушительные селевые потоки.

При прогнозной оценке активности селей учитывались результаты экстраполяции временных рядов процессоопасных ЭЦМ и основных метеорологических факторов формирования селей — температуры воздуха и атмосферных осадков. Несмотря на то что прогноз отдельных параметров (температуры воздуха, типа процессоопасных ЭЦМ) оправдался, мощных селевых потоков с 1971 г. вплоть до событий 2014 г. не наблюдалось. Однако за этот период в днищах долин селеактивных и неселеактивных рек и на склонах их бортов скопилось значительное количество рыхлообломочного материала — потенциального источника твердого питания селей. На отдельных участках рек образовались древесно-каменные заторы, прорыв которых мог бы в одном случае спровоцировать зарождение нового селевого потока, а в другом — увеличить твердую составляющую уже сформировавшегося выше по течению селя [7].

Летом 2014 г. характер погоды на территории Восточной Сибири представлял большую опасность. В отличие от европейской части территории России здесь наблюдались аномально высокие температуры. Так, среднесуточные значения превышали климатическую норму на 4–6, а в северных районах на 8–10 градусов. В конце июня на фоне жаркой погоды происходило формирование мощной облачности вертикального развития. Как правило, с такими процессами бывают связаны ливневые дожди с грозами и порывистым ветром, а иногда отмечается и выпадение града. Гидрометеостанции (ГМС)

Иркутской области зафиксировали в эти дни от 2 до 18 мм осадков, наблюдались грозы. Наряду со сложными орографическими условиями это привело к резкому подъему уровня воды в реках [https://meteonovosti.ru].

В итоге 28 июня 2014 г. в Юго-Западном Прибайкалье вышедшая из берегов река Кынгырга затопила курортный поселок Аршан Тункинского района Бурятии. Селевой поток, прошедший по притокам Кынгырги, практически снес ряд строений. Размыло все дороги, были разрушены мосты. Поток грязи накрыл поселок, затопив улицы и дороги. Обильные осадки наложились, по-видимому, на интенсивное снеготаяние, что способствовало формированию мощного селевого потока [2] (рис. 2).

Рис. 2. Отложения мощного селевого потока, сошедшего в июне 2014 г., в районе бурятского поселка Аршан [2]

Анализ синоптической обстановки в день прохождения селя и накануне позволяет отметить, что характер погоды соответствовал отмеченному выше, как наиболее селеопасному, ЭЦМ 13л, причем в его классическом варианте: на полюсе давление было очень низкое (995 гПа), а вся Евразия была занята циклонами. На сайте https://meteonovosti.ru отмечено, что перед этим зафиксировали аномально высокую температуру воздуха.

Когда пришел циклон (вероятнее всего, с северо-запада) и холодный воздух встретился с жарким, фронты обострились и выпало большое количество осадков, особенно в горах, что, однако, не зафиксировано имеющимися метеостанциями (хотя, по показаниям свидетелей, в 20 км от пос. Аршан интенсивные осадки выпадали в течение трех суток). Эта ситуация и привела к формированию селевого потока. Определенную роль сыграли и особенности рельефа в поселке. Его положение в долине, в которую со всех сторон стекаются небольшие водотоки, чьи русла завалены древесными остатками и твердыми бытовыми отходами, способствовало увеличению объема выносимого материала. При этом катастрофу в пос. Аршан в некоторой степени можно сравнить с катастрофой в г. Крымске на Северном Кавказе в 2012 г. Следует отметить, что последнее наводнение такого масштаба в Аршане наблюдалось в 1971 г. при сходной синоптической ситуации.

В плане формирования твердой составляющей можно отметить, что ряд эрозионных цирков, расположенных между долиной р. Кынгырги и верховьями р. Харимты, с большой вероятностью приурочен к локальному структурно-тектоническому узлу, сформированному на пересечении разломов северного борта Байкальского рифта и зоны разломов северо-восточного простирания, проходящей в пределах междуречья рек Белокопытка и Харсапка. Подобное положение обуславливает повышенную раздробленность коренных пород и, соответственно, значительные объемы рыхлообломочного материала на склонах и в днищах цирков. Особую опасность представляет, на наш взгляд, крупный обвально-осыпной очаг в правом борту нижней части цирка, являющегося водосбором верховий р. Малая Харимта. В случае повторения ситуации июня 2014 г. по этому водотоку возможно прохождение катастрофического селя с разрушением автодороги к пос. Аршан. В районе Аршана также весьма вероятно повторение катастрофических событий 2014 г. в случае интенсивного снеготаяния или экстремальных осадков, поскольку запасы рыхлообломочного материала в верховьях рек Безымянная, Первая и Вторая Шихтолайка, Артемьева и ряда ассоциированных с ними безымянных ручьев остаются весьма значительными.

Экстраполяция значений средней годовой температуры воздуха по данным гидрометеорологической обсерватории (ГМО) «Иркутск» и в меньшей степени ГМС «Хамар-Дабан» в настоящее время позволяет отметить сохранение тенденции повышения температуры воздуха, особенно в 20-е годы XXI в. (рис. 3). Возможно, существует опасность активизации селей в ближайшее время на значительной территории Южного Прибайкалья. Увеличению активности этих процессов при повышении температуры воздуха может способствовать как состояние островной мерзлоты на исследуемой территории, так и сплошной мерзлоты в северных районах. Таким образом, большое значение для оценки опасности селеформирования имеет характер атмосферной циркуляции Северного полушария в настоящее время.

Особенность современного периода (1998–2013 гг.) в Северном полушарии заключается в новом (третьем с 1899 г.) всплеске продолжительности блокирующих процессов (селеопасный ЭЦМ 12а на рис. 4), количество которых в настоящее время возросло (по сравнению с предыдущими периодами). Кроме того, характерно, что увеличилось число одновременных блокирующих процессов. Если в начале XX в. таковых в полушарии формировалось два, в 1960-е годы — 2–3, то сейчас — 3–4. На Россию при этом приходится два одновременных блокирующих процесса (см. рис. 4).

Современное увеличение суммарной годовой продолжительности блокирующих процессов, развивающихся преимущественно над континентами зимой и летом, привело к повышению летних и понижению зимних температур, то есть к росту годовой амплитуды как в среднем на Северном полушарии, так и особенно в России, что чревато негативными последствиями. Увеличилась повторяемость ЭЦМ, при которых отмечаются одновременные выходы южных циклонов в разных секторах полушария. Это селеопасные ЭЦМ 12а и 13л, число дней с которыми в сумме значительно больше в начале XXI в. по сравнению концом XX в. Сложившаяся ситуация способствует возникновению экстремальных осадков и наводнений в разных, далеко расположенных друг от друга регионах.

Таким образом, в настоящее время вследствие изменения климатических условий опасность формирования селей на территории Южного Прибайкалья значительно увеличилась, что необходимо учитывать при любой хозяйственной деятельности, особенно в тех районах, которые отмечены как чрезвычайно опасные.

Влияние техногенного фактора на формирование селей

Вместе с тем, активность селей в XXI в., помимо климатических причин, в отличие от XX в. намного больше и чаще бывает обусловлена техногенным фактором [10].

Наиболее сильная активизация происходит при совместном влиянии природной и техногенной составляющих. При этом возможно возникновение экологических катастроф.

Особенностью исследуемой территории в начале XXI в. является резкое возрастание техногенных нагрузок. В настоящее время на различных промышленных предприятиях увеличилось количество вредных отходов, которые могут быть вовлечены в селевой процесс. По предположению ученых, мощные сели горного хребта Хамар-Дабан на юге Байкала могут в ближайшие годы смыть в озеро отходы Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК), что приведет к крупнейшей экологической катастрофе на озере. Селевые потоки с большой долей вероятности повредят шламонакопители комбината.

Важной особенностью данной территории является то, что возможно как активное развитие собственно техногенных проявлений ЭГП, так и парагенезов техногенных и ассоциированных с ними природных процессов. Своеобразие смешанных проявлений заключается в том, что в процесс, начинающийся в техногенно нарушенных грунтах, вовлекается значительное количество материала, находящегося в естественном залегании, но характеризующегося весьма малой механической прочностью (вследствие широкого развития выветрелых и значительно нарушенных тектоническими процессами пород). В результате объемы природных зачастую существенно превышают объемы техногенных грунтов, инициировавших данное проявление. Особенно это относится к селям и ассоциированным с ними эрозионным процессам, что ярко иллюстрирует пример Большого Сочи, где оползневые и селевые процессы протекают как в естественных, так и в техногенных грунтах. При этом активность техногенно обусловленных ЭГП минимум на порядок превышает активность аналогичных процессов в естественном состоянии [5].

В настоящее время на побережье Байкала шлам-лигнином наполнены семь хранилищ-карт, общая площадь которых составляет 120 га. Ситуация с накопленными отходами осложняется тем, что БЦБК расположен в зоне высокой сейсмической активности с возможными землетрясениями интенсивностью 6–9 баллов по 12-балльной шкале МСК-64. Поэтому, прежде чем приступать к рекультивации, необходимо провести работы по снижению селевой опасности в районе Байкальска. Этому был посвящен доклад заведующего лабораторией Института земной коры СО РАН д.г.-м.н. К.Г. Леви, сделанный на IV Международной конференции «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита» (6–10 сентября 2016 г., г. Иркутск — пос. Аршан). В нем указано, что в последний раз селевые потоки в этой местности отмечены в 1971 г. За прошедшее с тех пор время в селеактивных бассейнах, в очагах формирования селей, скопилось большое количество продуктов выветривания, а русла постоянных и временных рек, их поймы и низкие террасы заросли лесом. При интенсивных осадках это может привести к катастрофическому сходу селей, вместе с которыми в Байкал попадут миллионы тонн ядовитых отходов БЦБК.

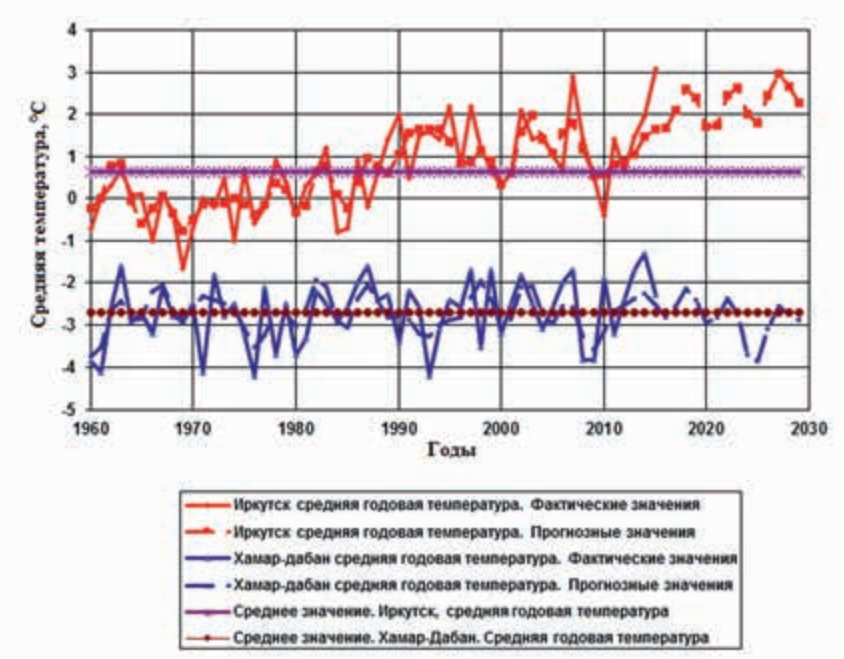


Рис. 3. Многолетний ход средней годовой температуры воздуха по ГМО «Иркутск» и ГМС «Хамар-Дабан»

Возможны и другие ситуации, приводящие к тем же последствиям. Например, техническое состояние шламонакопителей, а также уровень их заполнения делают вероятными аварии не только при землетрясениях и селях, но и при сильных ливнях и затяжных дождях, что не редкость для этого района. Последствия прорыва дамб могут оказаться весьма разрушительными. В докладе заведующего лабораторией биогеохимии Лимнологического института СО РАН к.г.-м.н. А.Н. Сутурина, также сделанном на IV Международной конференции «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита» (6–10 сентября 2016 г., г. Иркутск — пос. Аршан), отмечено, что сегодня комбинат формально находится в статусе безопасно остановленного объекта. Однако любое серьезное землетрясение или сель могут привести к тому, что вся токсичная органика попадет напрямую в Байкал. Ущерб, причиненный озеру в этом случае, будет сравним с эффектом от 700 лет непрерывного сбрасывания сточных вод комбината. Чем больше промежуток времени, прошедший с момента последнего селя, тем мощнее его разрушительная сила. Докладчик также подчеркнул, что **нужно понимать: сель не рассасывается, а только накапливается**. В 2010 г., при еще работавшем комбинате, прошли сильные ливни, но тогда сотрудникам БЦБК удалось сбросить воду через очистные сооружения. Однако в настоящее время они не работают. Если снова будет сильный дождь, никто с подобной задачей не справится. В то же время для образования катастрофического селя нужно всего несколько факторов: снежная зима, как в 2016 г., небольшие землетрясения и ливневые дожди летом. В связи с назревшей проблемой в Приангарье будет создана рабочая группа[2].

[2] Подробности на сайте https://regnum.ru/news/society/2122847.html.

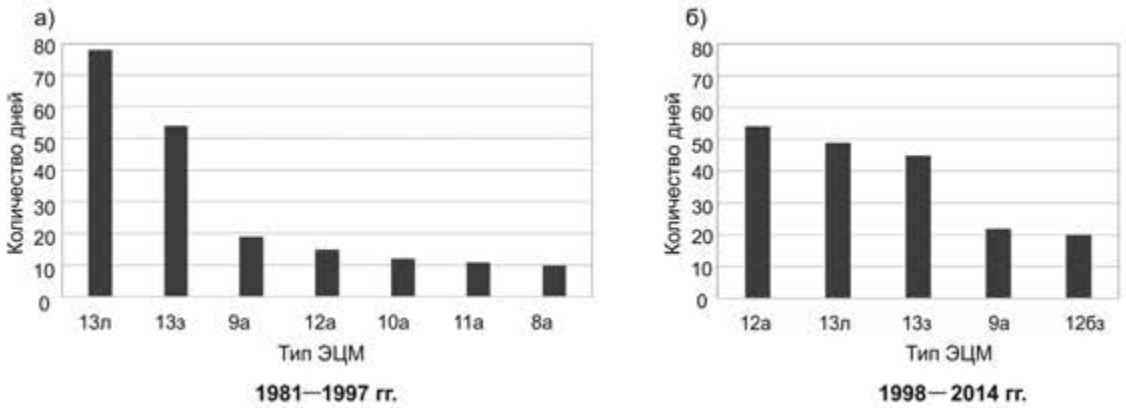


Рис. 4. Наиболее продолжительные (в днях) ЭЦМ, сумма средних значений которых за 1981–1997 гг. (а) и 1998–2014 гг. (б) составляет более полугода

Оценка опасности селей в ближайшем десятилетии

На основании проведенных исследований и анализа различных публикаций по данному вопросу следует отметить, что в ближайшие годы сохранится предельно опасное состояние климатической системы, которое наблюдается в последнее десятилетие [4]. Экстремальным ростом макроциркуляционных процессов, при которых наблюдается выход южных циклонов на территорию Прибайкалья, обусловлен тот факт, что с 80-х годов XX в. на данной территории наблюдался самый значительный на территории России рост температуры воздуха, в основном за счет летних температур. С 1999 г. увеличение продолжительности южных циклонов сменяется возрастанием суммарной годовой продолжительности блокирующих процессов и длительным существованием устойчивых антициклонов на континентах зимой и летом. Главной особенностью погоды будет ее неустойчивость, возможны экстремальные засухи и наводнения. Увеличение суммарной годовой продолжительности макроциркуляционных процессов, обеспечивающих межширотный обмен воздушных масс, приводит к возрастанию экстремальных осадков в разных секторах Северного полушария, в том числе и на территории России, что, в свою очередь, ведет к росту числа наводнений и опасных экзогенных процессов, в частности селей.

На основе имеющегося материала и сложившейся на данный период времени синоптической обстановки территорию южной оконечности оз. Байкал следует отнести к критически опасной. С учетом высокой пораженности территории селями и другими экзогенными процессами взаимодействие природных и техногенных факторов может привести к экологической катастрофе. Особое внимание следует обратить на защиту от продуктов деятельности закрытого Байкальского целлюлозно-бумажного комбината, которые могут попасть в озеро в результате сильного землетрясения и активизации селей.

Для контроля опасной ситуации необходимо увеличить количество метеостанций, обеспечить систематическое ведение мониторинга селей в селеопасных районах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карта экзогенных геологических процессов России (1:2 500 000). Пояснительная записка / А.И. Шеко, В.С. Круподеров, М.М. Максимов и др. М.: ВСЕГИНГЕО, 2001. 110 с.
2. *Макаров С.А., Черкашина А.А., Атутова Ж.В., Бардаш А.В., Воропай Н.Н., Кичигина Н.В., Мутин Б.Ф., Осипова О.П., Ухова Н.Н.* Катастрофические селевые потоки, произошедшие в поселке Аршан Тункинского района Республики Бурятия 28 июня 2014 г. Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2014. 111 с.
3. *Кононова Н.К.* Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому. М.: Воентехиниздат, 2009. 372 с.
4. *Кононова Н.К.* Изменения циркуляции атмосферы Северного полушария в XX–XXI столетиях и их последствия для климата // Фундаментальная и прикладная климатология. 2015. № 1. С. 127–156.
5. *Крестин Б.М., Мальнева И.В.* Активность оползневого и селевого процессов на территории Большого Сочи и ее изменения в начале XXI века // Геоэкология. 2015. Вып. 1. С. 21–29.
6. *Круподеров В.С., Крестин Б.М., Мальнева И.В., Дьяконова В.И.* Карта геологических опасностей России масштаба 1:2 500 000 // Разведка и охрана недр. 2011. № 9. С. 49–52.
7. *Лапердин В.К., Демьянович Н.И., Тржцинский Ю.Б.* Катастрофические паводки 1971 г. и склоновые процессы // Информационный сборник Института земной коры СО АН СССР. Иркутск, 1972. С. 19–23.
8. *Лапердин В.К., Тржцинский Ю.Б.* Экзогенные геологические процессы и сели Восточного Саяна. Новосибирск: Наука, 1977. 103 с.
9. *Макаров С.А.* Сели Прибайкалья. Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2012. 111 с.
10. *Мальнева И.В., Кононова Н.К.* Активность селей на территории России и ближнего зарубежья в XXI веке // Геориск. 2012. № 4. С. 48–54.
11. *Осипов В.И.* Природные катастрофы: анализ развития и пути минимизации последствий // Проблемы анализа риска. 2015. Т. 12. С. 84–93.
12. Природные опасности России: в 6 т. Т. 3. Экзогенные геологические опасности / под ред. В.М. Кутепова, А.И. Шеко. М.: КРУК, 2002. 345 с.

DEBRIS FLOW HAZARD ASSESSMENT FOR THE SOUTHERN BAIKAL REGION AT THE PRESENT STAGE

MALNEVA I.V.
Leading researcher, FGUP «VSEGINGEO», PhD (Candidate of Science in Geology and Mineralogy), Zeleny village, Moscow Region, malnir@mail.ru

KONONOVA N.K.
Scientific researcher of the Laboratory of Climatology, Institute of Geography RAS, PhD (Candidate of Science in Geography), Moscow, NinaKononova@yandex.ru

KRESTIN B.M.
Leading researcher, FGUP «VSEGINGEO», Zeleny village, Moscow Region, krebor@rambler.ru

In the last few decades, the number of natural disasters has increased all over the world. The main reason for this is global climate changes that have a strong impact on natural disaster occurrence. The next global process causing the growth of natural catastrophes is technogenesis. The development of last one is accompanied by increasing impact on the environment and violation of its stability. It also leads to growth of natural hazard number.

Nowadays the probability of natural hazard occurrence in the Baikal region draws attention of scientists. It is linked with debris flow intensification especially in the southern part of the region, where Slyudyanka and Baykalsk towns and other settlements are situated and actively developing.

To assess debris flow hazard "The map of intensity of the present-day geological processes and geological hazards for the development of the Russian Federation territory, scale 1:2 500 000" and "The map of the Baikal region zoning according to the level of geological hazard, scale 1:500 000) were used.

The main parameters of debris flow hazard assessment are the intensity of debris flow process development, the volume of debris flow mass transport, debris flow discharges and velocities and debris flow activity. The last parameter directly depends on the weather extremes. The assessment of debris flow activity was conducted using extrapolation of multi-year trend of rapidly changing factors, determing debris flow formation. These factors are air temperature, the amount and regime of precipitation and the peculiar properties of the weather determing the special regime of previous factors. Weather conditions are determined by the prevalence of special types of Elementary circulation mechanism (ECM) in the Northern hemisphere atmospheric circulation (according to the classification of circulation mechanisms of the Northern hemisphere by B.L. Dzerdzeevsky). The most dangerous ECMs are those that lead to entering of southern cyclones. Last ones are responsible for heavy rains and warming in the Baikal region.

June 28, 2014 Kyngyrga river overflowed. It led to the flood in the resort settlement Arshan (Tunkinsky district of the Republic of Buryatia). The analysis of synoptic situation that was at the day of event and the day before it allows to find out that the weather conditions corresponded to the most dangerous ECM type.

Extrapolation of the average annual air temperature that was obtained from the Irkutsk and Chamar-Daban hydro-meteorological stations allows to identify the preservation of tendency of air temperature rising especially in the second decade of the 21st century. Probably, there is the threat of debris flow activation in nearest future in the most part of Southern Baikal region. It is explained by the peculiar properties of the atmospheric circulation namely increase of the total annual duration of blocking processes. They are formed over continents in the winter and summer.

Debris flow activity of the 21st century is caused by anthropogenic factor rather than climatic one. The situation was opposite in the 20th century. Nowadays the amount of hazardous waste has increased especially on the closed Baykalsk Paper and Pulp Mills. This waste could be included in the debris flow. It would lead to the greatest ecological catastrophe in the Baikal lake.

REFERENCES

1. Karta jekzogennyh geologicheskih processov Rossii (1:2 500 000). Pojasnitel'naja zapiska [Map of exogenous geological processes of Russia (1:2 500 000). Explanatory annotation] / A.I. Sheko, V.S. Krupoderov, M.M. Maksimov i dr. M.: VSEGINGEO, 2001. 110 s.
2. *Makarov S.A., Cherkashina A.A., Atutova Zh.V., Bardash A.V., Voropaj N.N., Kichigina N.V., Mutin B.F., Osipova O.P., Uhova N.N.* Katastroficheskie selevye potoki, proizoshedshie v poselke Arshan Tunkinskogo rajona Respubliki Burjatija 28 ijunja 2014 g. [The catastrophic debris flows which have occurred in the Arshan settlement of Tunkinsky district of the Republic of Buryatia on June 28, 2014]. Irkutsk: Izdatel'stvo Instituta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN [Publishing house of the V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS], 2014. 111 s.
3. *Kononova N.K.* Klassifikacija cirkuljacionnyh mehanizmov Severnogo polusharija po B.L. Dzerdzeevskomu [Classification of circulation mechanisms of the Northern hemisphere by B.L. Dzerdzeevsky]. M.: Voentehinizdat, 2009. 372 s.
4. *Kononova N.K.* Izmenenija cirkuljacii atmosfery Severnogo polusharija v XX–XXI stoletijah i ih posledstvija dlja klimata [Changes in the Northern hemisphere atmospheric circulation in the 20th–21st centuries and their consequences for climate] // Fundamental'naja i prikladnaja klimatologija [Fundamental and applied climatology]. 2015. № 1. S. 127–156.
5. *Krestin B.M., Mal'neva I.V.* Aktivnost' opolznevogo i selevogo processov na territorii Bol'shogo Sochi i ee izmenenija v nachale XXI veka [Landslide and debris flow activity and its changes in Sochi at the beginning of the 21st century] // Geojekologija [Geoecology]. 2015. Vyp. 1. S. 21–29.
6. *Krupoderov V.S., Krestin B.M., Mal'neva I.V., D'jakonova V.I.* Karta geologicheskih opasnostej Rossii masshtaba 1:2 500 000 [The map the geological hazards of Russia, scale 1:2 500 000] // Razvedka i ohrana nedr [Exploration and preservation of the subsoil]. 2011. № 9. S. 49–52.
7. *Laperdin V.K., Dem'janovich N.I., Trzhcinskij Ju.B.* Katastroficheskie pavodki 1971 g. i sklonovye process [Catastrophic floods in 1971 and slope processes] // Informacionnyj sbornik Instituta zemnoj kory SO AN SSSR [Informational issue of the Institute of the Earth's crust SB RAS]. Irkutsk, 1972. S. 19–23.
8. *Laperdin V.K., Trzhcinskij Ju.B.* Jekzogennye geologicheskie processy i seli Vostochnogo Sajana [Exogenous geological processes and debris flows of the Eastern Sayn]. Novosibirsk: Nauka [Science], 1977. 103 s.
9. *Makarov S.A.* Seli Pribajkal'ja [Debris Flows in the Cis-Baikalia]. Irkutsk: Izdatel'stvo Instituta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN [Publishing house of the V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS], 2012. 111 s.
10. *Mal'neva I.V., Kononova N.K.* Aktivnost' selej na territorii Rossii i blizhnego zarubezh'ja v XXI veke [Mudflow activity in the territory of Russia and neighboring countries in the 21st century] // Georisk. 2012. № 4. S. 48–54.
11. *Osipov V.I.* Prirodnye katastrofy: analiz razvitija i puti minimizacii posledstvij [Natural disasters: analysis of development and reduction of consequences] // Problemy analiza riska [Problems of risk analysis]. 2015. T. 12. S. 84–93.
12. Prirodnye opasnosti Rossii: v 6 t. T. 3. Jekzogennye geologicheskie opasnosti [Natural hazards of Russia in 6 vol. Vol. 3. Exogeneous geological hazards] / pod red. V.M. Kutepova, A.I. Sheko. M.: KRUK, 2002. 345 s.