

DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection

Proceedings
of the 5th International Conference

Tbilisi, Georgia, 1-5 October 2018



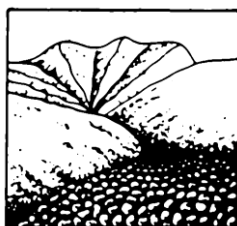
Editors
S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili

Publishing House “Universal”
Tbilisi 2018

СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита

Труды
5-й Международной конференции

Тбилиси, Грузия, 1-5 октября 2018 г.



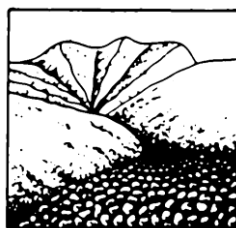
Ответственные редакторы
С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили

Издательство Универсал
Тбилиси 2018

ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა

მე-5 საერთაშორისო კონფერენციის
მასალები

თბილისი, საქართველო, 1–5 ოქტომბერი, 2018



რედაქტორები
ს.ს. ჩერნომორეც, გ.ვ. გავარდაშვილი

გამომცემლობა "უნივერსალი"
თბილისი 2018

УДК 551.311.8
ББК 26.823

Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 5-й Международной конференции. Тбилиси, Грузия, 1-5 октября 2018 г. – Отв. ред. С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили. – Тбилиси: Универсал, 2018, 671 с.

Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 5th International Conference. Tbilisi, Georgia, 1-5 October 2018. – Ed. by S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili. – Tbilisi: Publishing House “Universal”, 2018, 671 p.

ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა. მე-5 საერთაშორისო კონფერენციის მასალები. თბილისი, საქართველო, 1–5 ოქტომბერი, 2018. გამომცემლობა "უნივერსალი", თბილისი 2018, 671 გვ. პასუხისმგებელი რედაქტორები ს.ს. ჩერნომორეც, გ.ვ. გავარდაშვილი.

Ответственные редакторы С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили
Edited by S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili

Верстка: С.С. Черноморец, К.С. Висхаджиева, Е.А. Савернюк
Page-proofs: S.S. Chernomorets, K.S. Viskhadzhieva, E.A. Savernyuk

При создании логотипа конференции использован рисунок из книги С.М. Флейшмана «Селевые потоки» (Москва: Географгиз, 1951, с. 51).
Conference logo is based on a figure from S.M. Fleishman’s book on Debris Flows (Moscow: Geografiz, 1951, p. 51).

ISBN 978-9941-26-283-8

© Селевая ассоциация
© Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава
Грузинского технического университета

© Debris Flow Association
© Ts. Mirtskhulava Water Management Institute
of Georgian Technical University

© ღვარცოფების ასოციაცია
© საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა
მეურნეობის ინსტიტუტი



Экологический риск загрязнения озера Байкал отходами Байкальского целлюлозно-бумажного комбината

В.К. Лапердин

Институт земной коры СО РАН, д.г-м.н., Иркутск, Россия

В основе представленного материала заложены многолетние (в пределах 50 лет) стационарные наблюдения и полевые исследования, позволяющие раскрыть сущность развития катастрофы на территории Юго-Западного побережья оз. Байкал. Угроза катастрофического загрязнения южной котловины Байкала может произойти либо вследствие переполнения карт-накопителей отходов Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК), в результате схода селей и наводнений, либо путём опускания Утуликско-Солзанской депрессии и погружения лигниносодержащих высокотоксичных отходов в озеро при сильном землетрясении. Предлагаемые варианты омоноличивания и захоронения отходов на берегу озера, в зоне риска, при их выполнении, создадут на многие столетия экологическую мину замедленного действия для населения, туристов, а главное – природы Байкала. Для снятия напряженности возможной экологической катастрофы только реализация мероприятий по удалению отходов БЦБК и жидких бытовых стоков за пределы бассейна озера Байкал позволит предотвратить экономическую, экологическую и социальную опасность, повысить привлекательность территории и успешней развивать туристический сектор.

землетрясения, сели, наводки, катастрофы, риски, опасности, экология, защита

Environmental risk for the pollution of lake Baikal by the waste of the Baikal Pulp and Paper Mill

V.K. Laperdin

Institute of Earth Crust, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia, Laperdin@crust.irk.ru

The basis of the presented material implies long-term (within 50 years) of stationary observation and field research, allowing to reveal the nature of the development of the disaster in the South-West coast of Lake Baikal. The threat of catastrophic contamination of the South basin of lake Baikal may be due to and overflow of cards-storage of waste of the Baikal pulp and paper mill (BPPM), as a result of debris flows and floods; b – lowering of Utulik-Solzan depression and sinking of highly toxic lignin-containing waste into the lake as a result of a large earthquake. The concreting and waste disposal on the lake, at risk, will create many centuries environmental bomb for the population, tourists, and most importantly the nature of Baikal even when the waste BPPM in fourth class of hazard. To relieve the tension of a possible environmental disaster, only the implementation of BPPM waste and liquid effluents beyond the lake Baikal basin will prevent the economic, environmental and social risk, increase the attractiveness of the territory and more successful to develop the tourism sector.

earthquakes, mudflows, floods, disasters, risks, hazards, ecology, protection

Введение

Территория Юго-Западного побережья оз. Байкал является составной частью Центральной экологической зоны Байкальской природной территории, включенной в реестр Мирового природного наследия. Для хранения накопленных за период эксплуатации Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК) (1967–2013 гг.) высокотоксичных лигниносодержащих отходов, были задействованы площадки «Солзанского» (площадь 138,09 га) и «Бабхинского» (площадь 42,08 га) полигонов. Указанные полигоны находятся в узкой прибрежной полосе шириной до 5 км, на конусах выносов селеопасных рек Малая, Большая Осиновки и Бабха, в зоне повышенной опасности и риска. Суммарная масса отходов в картах-отстойниках превышает 6,2 млн. м³ (рис. 1).

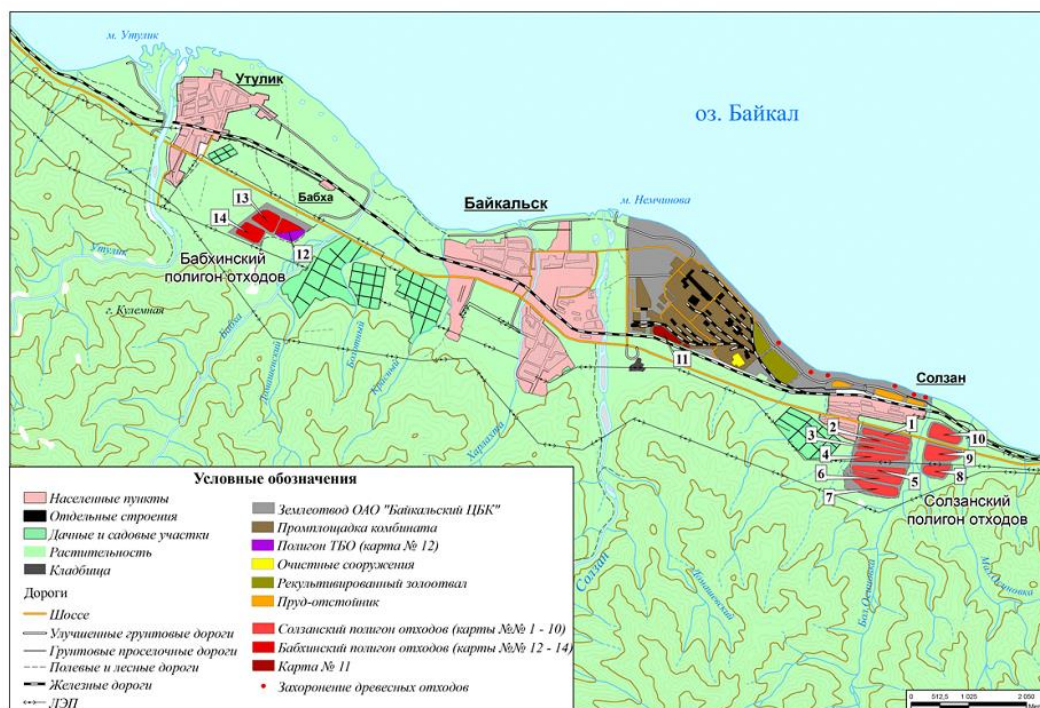


Рис. 1. Карты-отстойники отходов БЦБК, расположенные на берегу оз. Байкал, представляют высочайший уровень риска для экосистемы озера. (Карта из проекта «ООО ПЭЛА», 2013 г.).

Токсичность отходов в картах-накопителях подтверждается содержанием большого числа органических веществ – фенолов, хлорорганических соединений, меркаптанов, формальдегида, солей аммония, натрия, сульфатов, хлоридов, сероводорода. Концентрация указанных веществ на порядок превышает значения ПДК, особенно для водной среды. Ввиду неоднотипности химического состава лигнина, в разных картах различаются концентрации перечисленных токсичных продуктов.

Учитывая сейсмическую, селевую и паводковую опасность территории складирования высокотоксичных лигниносодержащих отходов БЦБК, необходимо:

- предупредить о возможной экологической катастрофе, минимизировать разрушение инфраструктуры Байкальского муниципального образования и не допустить попадание в Байкал лигнин-содержащих отходов БЦБК за счет подбора и введения надежных защитных сооружений от паводков, селей и сейсмогенных рисков;
- дать оценку современного состояния экологической опасности;
- определить принципы проведения селезащитных и противопаводковых мероприятий.

В основе первого варианта защиты заложен свободный, но контролируемый пропуск селевой и водной масс в оз. Байкал. Во втором варианте предлагается



транспортировать лигнин-содержащие отходы по трубопроводу за пределы бассейна Байкала, а впоследствии по этой же трубе перекачивать жидкие бытовые стоки с юго-западного побережья озера.

Факторы развития катастроф

Вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций на данной территории обуславливается следующими факторами:

- сейсмотектоническая активность Байкальского рифта определила формирование рельефа с резкими перепадами высот в пределах 1000 м на расстоянии 5-20 км, что обеспечивает развитие мощных водных потоков за короткий промежуток времени при выпадении осадков;
- наличием ледниковых форм рельефа (кары, цирки, террасы, озера, морены), представляющие водосборы и очаги селей;
- разнообразием геологических формаций коренных пород, их минералогическим составом, подверженных активному физическому и химическому выветриванию;
- свойством рыхлых отложений переменной мощности, различной литологии, механического состава и генезиса;
- вариациями условий изменения режима температурно-влажностных характеристик грунтов в зависимости от высотных ландшафтно-климатических поясов;
- зависимостью гидрологического режима от неоднородности водовмещающей среды;
- чередованием сплошной, островной, низко- или высокотемпературной мерзлоты и практически повсеместным глубоким сезонным промерзанием грунтов, оттаивание которых продолжается весь селе- и паводкоопасный временной отрезок;
- разнообразному по характеру и интенсивности техногенному прессингу на природную среду, определяющему необходимость защиты инфратрунктуры от селей и паводков.

На фоне вышеперечисленных факторов, характеристика которым дана в работах [Лапердин, Тржцинский, 1977; Лапердин, Качура, 2010; Макаров, 2012; Лапердин и др., 2016], ведущая роль в формировании селей и паводков в Юго-Западном Прибайкалье отводится синоптическим условиям, а именно количеству атмосферных осадков за дождливый период.

Синоптические условия, определяющие уровень риска

Согласно историческим данным, сели и паводки различной плотности на реках Юго-Западного Прибайкалья были зафиксированы в 1863, 1889, 1903, 1910, 1915, 1921, 1927, 1932, 1934, 1938, 1952, 1960, 1962 и 1971 гг. Из перечисленных событий, наиболее катастрофическими стали сели и паводки, сформировавшиеся в 1934, 1960 и 1971 гг. Так, в 1971 г. сумма осадков превысила среднюю годовую норму почти на 20% (табл. 1).

Таблица 1. Распределение годового количества осадков по месяцам, в мм.

Метеостанция	Месяцы												Годовая сумма
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Хамар-Дабан	22.8	20	71	96.3	84.7	250.1	739	93.3	131.1	34.2	31.1	52.3	1625.9
Слюдянка	13.3	4.7	9.1	3.6	16.9	80.6	223.8	62.3	30.2	12.9	6.7	3.6	477.7
Байкальск	25.7	4.8	21.3	28.5	42.4	182.2	516.5	79.2	63.6	26.3	19.9	33.6	1044

Если принять во внимание, что катастрофа – событие с трагическими последствиями [Ожегов, 1975], то, кроме осадков, важное значение имеет хозяйственное



освоение селе - и паводкоопасных территорий. Об этом свидетельствуют фотографии представляющие фрагменты катастроф разных лет в Юго-Западном Прибайкалье [Селевой..., 1962] (рис. 2, а, б, в, г).

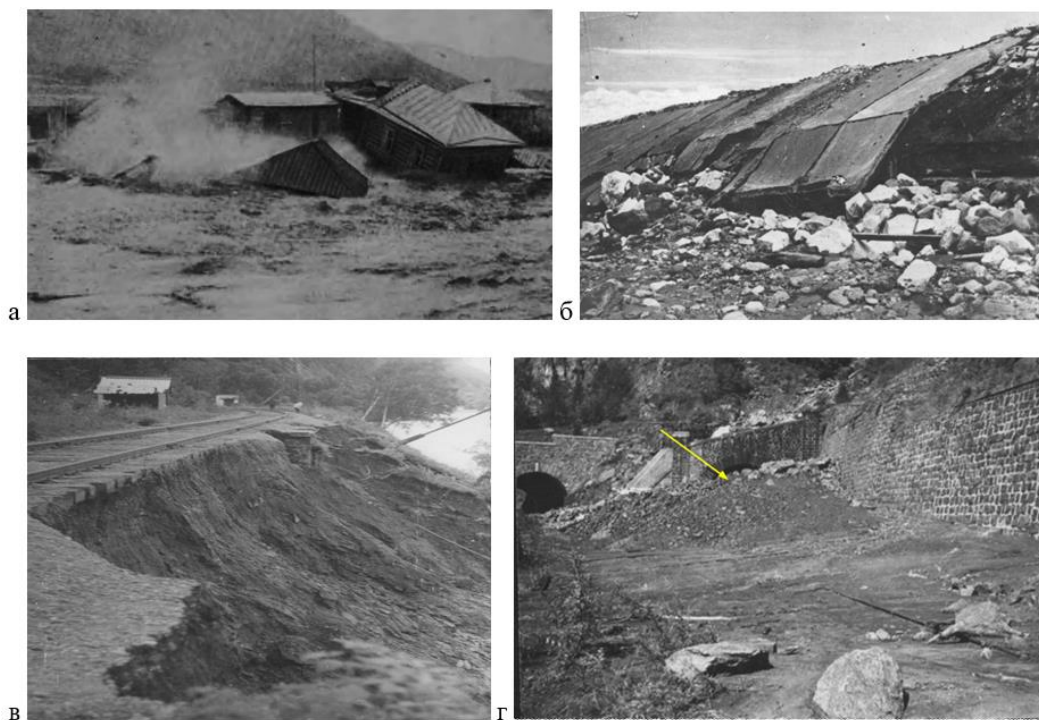


Рис. 2. Прежние катастрофические события в районе: а) Разрушение в водогрязекаменным потоком деревянных домов в г. Слюдянка, 1960 г. (фото И. Иванова). б) Подмыв и разрушение селевым потоком берегоукрепительных сооружений на р. Слюдянка, 1960 г. (фото И. Иванова). в) Последствия обрушения берега в результате смещения оползня–сплыва на берегу оз. Байкал, 1971 г. (здесь и далее рисунки и таблицы без ссылок принадлежат автору). г) Разрушение селеспуска привело к засыпке входов тоннелей и железнодорожных путей на Кругобайкальском участке, порт Байкал - пос. Култук, 1971 г.

Многосуточные дожди интенсивностью 0.01–0.10 мм/мин часто заканчиваются ливнем с интенсивностью до 3,0 мм/мин. Так, во время прохождения дождей с 7 по 11 августа 1934 г. сумма осадков составила (мм): Слюдянка – 133, Выдрино – 291, Танхой – 234, Хамар-Дабан – 457. В 1971 г. с 17 по 26 июля на метеостанции «Слюдянка» выпало 478 мм, а на – «Хамар-Дабан» – 1625,9 мм. Следует отметить, что **только за одни сутки** на Хамар-Дабане выпало 250 мм, в Утулике – 200 мм, в Байкальске – 197 мм осадков (рис. 3).

Обеспеченность суточного максимума составила 1,5–2,0% [Лапердин и др., 1972]. Подобные синоптические условия стали причиной подъема уровня воды в реках и ручьях до критических отметок (табл. 2).

По существующим наблюдениям и историческим данным, вероятность выпадения ливневых осадков с суточным количеством 100 мм в среднем составляет один раз в 15 лет, а 200–400 мм 50 лет и более.

Величина суточного количества осадков может быть взята за основу прогноза подъема воды или схода селя за час – два до наступления катастрофы.

С 1971 по 2017 гг. региональных селеформирующих осадков в Юго-Западном Прибайкалье не наблюдалось, но локальные выпавшие интенсивные дожди были зафиксированы в данном регионе. Например, на участке Транссиба ст. Мысовая–Улан-Удэ 30.07.2012 г. произошел сход первой секции локомотива. Причиной аварии явились осадки (количеством 21,3 мм), выпавшие за 5–6 часов, сформировавшие в водосборе 2 км² водо-песчано-древесный поток, который, забив пропускное отверстие, вышел на железнодорожные пути.



Таблица 2. Характеристика водотоков, определяющих высокий уровень опасности в пределах Байкальского муниципального образования.

№ п/п	Название водотока	S водосбора, км ²	L водотока, км	Абсолютная отметка, м		Перепад, м	Уклон, усредненный	Сели, паводки, 1971 г.
				исток	устье			
1	р. Бабха	85,2	21,7	1750	456,0	1294	0,0696	+
2	руч. Болотный	4,8	4,0	840	456,0	384	0,096	–
3	руч. Красный	7,0	4,3	965	456,0	509	0,1184	–
4	р. Харлахта	19,3	9,0	1400	456,0	944	0,1049	+
5	р. Солзан	163,2	32,3	1770	456,0	1314	0,0407	-
6	р. Бол. Осиновка	22,4	10,0	1640	456,0	1184	0,1184	+
7	р. Малая Осиновка	9,7	6,1	1320	456,0	864	0,1416	+

Примечание. 1971 г. – прохождение паводков плотностью до 1100 кг/м³; +прохождение водокаменных селей плотностью 1100–1500 кг/м³

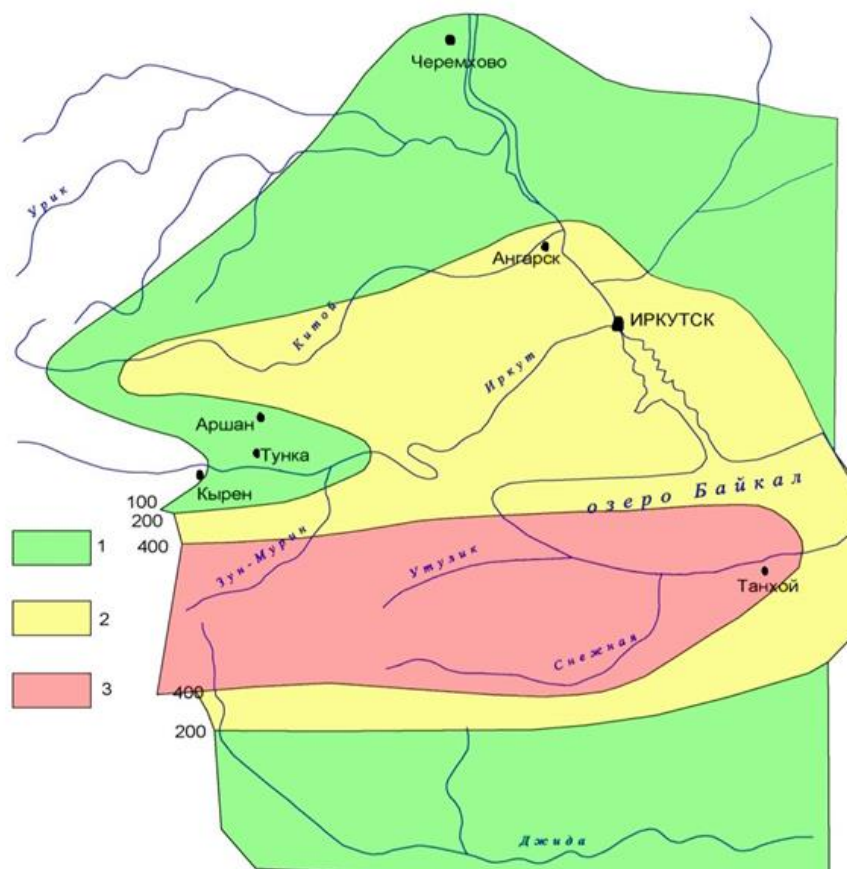


Рис. 3. Распределение сумм осадков за дождливый период 18–26 июля 1971 г. 1 – осадки от 100 до 200 мм; 2 – от 200 до 400 мм; 3 – более 400 мм. (Карта составлена по данным Гидрометеослужбы, г. Иркутск).

Следующая катастрофа случилась в 26–27 июня 2014 года в окрестностях пос. Аршан Республика Бурятия. В горной системе Восточных Саян, в Тункинских Гольцах, выпавшие осадки высокой интенсивности в бассейнах постоянных и временных водотоков сформировали водокаменные и грязекаменные селевые потоки, вызвавшие разрушение поселка и панику людей (рис. 4).



Рис. 4. Последствия селей в районе пос. Аршан, Республика Бурятия, 2014 г.: а) светлые прочесы на склонах Тункинских Гольцов – следы массового проявления селей, оползней-сплывов и эрозии. Селеопаные русла: А – руч. Безымянный, Б - 1-я Шихтолайка, В – руч. Безымянный, Г - 2-я Шихтолайка, Д – Артемьева (фото А.М. Лехатинова). б) заплески со стороны движения селевого потока на уровне верхней части окон второго этажа здания гостиницы «Сааган-Дали». в) характер разрушения селевым потоком одного из корпусов школы для одарённых детей.

Сейсмотектонические предпосылки риска

Кроме селей и паводков причиной попадания лигниносодержащих отходов в озеро Байкал с карт-накопителей Солзанского полигона могут быть сильные землетрясения.

При оценке общей сейсмической опасности нельзя оставлять без внимания разлом, расположенный на левом борту р. Большая Осиновка, поскольку он погребен цепочкой карт-накопителей лигнина. Деформация земной коры была вызвана относительно недавним (сотни лет назад) сильным сейсмическим событием.

Кроме того, площадка Солзанского полигона расположена на юго-восточной части Утуликско-Солзанской депрессии шириной 3–5 км, длиной вдоль берега 18 км, образовавшейся вследствие мощных разломов земной коры и дифференцированных глыбовых движений. Подвижность Утуликской депрессии сопоставима с подвижностью тектонического блока залива Провал со всеми вытекающими из этого последствиями. Напомним, что при землетрясении 12.01.1862 г. в районе дельты р. Селенги образовался залив Провал, площадью 203 км²; под водой оказались деревни со всей живностью, а в 1931 г. при 8-балльном землетрясении на севере Байкала берег опустился вместе с домами деревни Дагара на 2,0–2,6 м [Инженерная..., 1968].

Связь этих депрессий с одной и той же зоной разломов не может оставлять никаких иллюзий о степени гарантированной устойчивости данной территории. Ее высокая активность подтверждается геологической историей южного побережья озера Байкал, а именно – возможной миграцией развития депрессий с востока на запад.

О высоком сейсмическом потенциале территории южной котловины озера в XX в. свидетельствуют данные о более чем 50 землетрясениях силой 6–8 баллов, зарегистрированные: 27 июня 1742 г. с $M \sim 7,7$; 24 октября 1769 г. с $M \sim 7,3$; 1 августа 1779 г. с $M \sim 6,6$; 11 апреля 1902 г. с $M \sim 6,6$, а также в 1950, 1953, 1957, 1961 гг. и 25 февраля 1999 г. с $M = 6,0$ [СНУП 11-02-96].



27 августа 2008 г. случилось Култукское землетрясение, ставшее сильнейшим (до 7 баллов), за последнее 50 лет, в результате чего опустился блок дна Байкала [Солоненко, 1963].

В истории развития чаши озера известны различные деформации земной коры в виде проседаний, поднятий, смещений и разрывов различных блоков земной коры, проявившихся во время сильных землетрясений [Саньков и др., 2004; Хромовских, 1963, 1965а,б] (рис. 5).

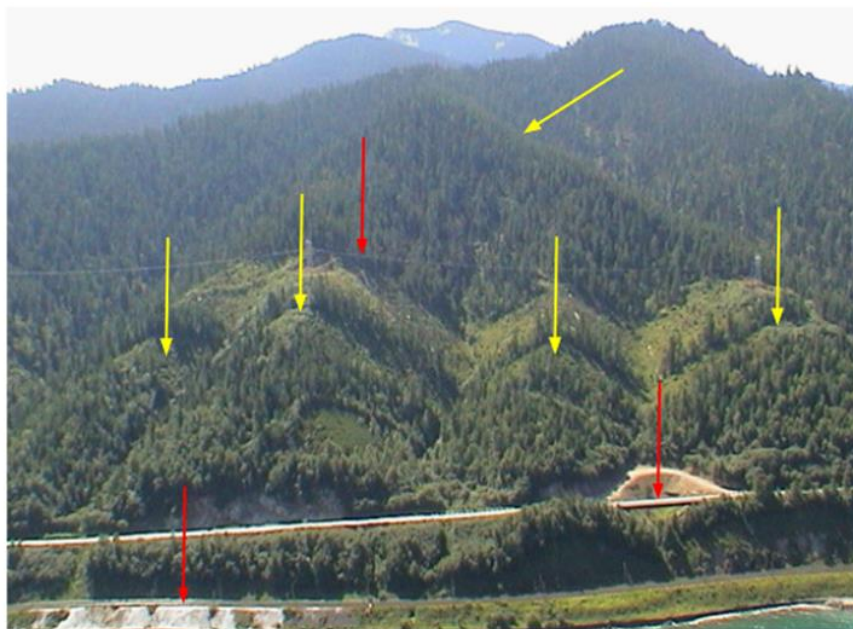


Рис. 5. Первый прижимной участок на восток от г. Байкальска, на пути линейных сооружений (железная и шоссейная дороги, линии связи и электропередачи – красные стрелки), пересекает серию сейсмогравитационных оползней-блоков – свидетелей сильных сейсмических событий (желтые стрелки).

Для кратковременного прогноза землетрясений известно место и сила толчков, а время пока непредсказуемо [Солоненко, 1963]. На этом основании напрашиваются вопросы: есть ли необходимость складированный на берегу лигнин защищать только от селей? Кто может дать гарантию, что в результате сильного землетрясения (подобно приведенным историческим фактам) лигниносодержащие отходы не попадут в Байкал?

Методологические принципы выделения зон уровня опасности на карте

Уровень опасности оценен поражаемой площадью и возможного поражения инфраструктуры Байкальского МО селями и паводками и определялся по результатам:

- космо- и аэрофотоснимкам разных лет съемок;
- дендрохронологических данных, позволивших определить место, время и уровень подъема воды;
- данных наземных геодезических съемок, с привязкой GPS поперечных створов по уровню высоких вод на освоенных селе- и паводкоопасных долинах рек, для определения объемов водной и селевой массы потоков;
- наземного обследования территорий, пораженных селями и паводками;
- опроса местного населения, наблюдавшего катастрофические события 1960 и 1971 гг.;
- анализа исторически известных событий;
- материалов, представленным главами МО, МЧС;
- научных публикаций и архивных материалов.



Подобный подход позволил определить опасные участки территории бассейнов рек Большая и Малая Осиновка, Бабха, периодически подвергающиеся подтоплению (рис. 6).

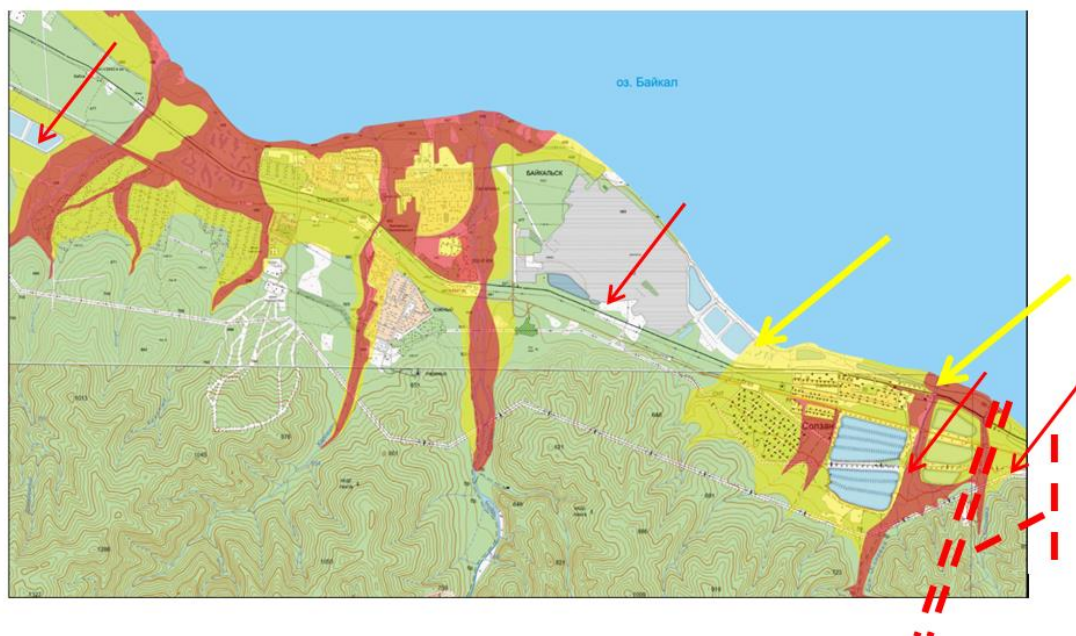


Рис. 6. Карта-схема уровня опасности территории Байкальского муниципального образования: 1 - вишневым цветом выделены опасные участки территории; 2 - потенциально опасные площади; 3 - относительно безопасные территории от наводнений и селевых потоков; а – красные стрелки - места складирования лигниносодержащих отходов; б - желтые стрелки - места размещения очистных сооружений; в - прерывистые красные линии - предварительная схема размещения потоконаправляющих дамб.

Особенности территории бассейнов рек Большая и Малая Осиновка, Бабха

Некоторые особенности территории бассейнов рек Большая и Малая Осиновка состоят в том, что:

- на конусах выноса селеопасных рек размещена основная часть карт-шламонакопителей лигнина – отходов производства БЦБК, представляющих угрозу загрязнения оз. Байкал (рис. 7);

- при выходе из гор на относительно выровненную поверхность конусов выноса реки резко теряют скорость и в результате чего, на данном участке, в руслах сформировались острова, которые обильно заросли древесной и кустарниковой растительностью и создают препятствие для свободного стока паводковых вод;

- в настоящее время бассейны рек р. Малая и Большая Осиновка в целом обильно заросли древесно-кустарниковой растительностью, что становится причиной неуправляемой закупорки русел рек и может вызвать формирование плотин запрудного типа, прорыв которых создаст условие для пульсирующего движения потоков.

Поэтому, фактор залесенности следует считать основой непредсказуемого развития усиления селевой опасности, влияющего на скорость и направление движения потока, состав и объем селевой массы, а также специфику защиты (рис. 6, б, в);

- на отдельных участках высота дамб отстойников очистных сооружений может оказаться недостаточной и при катастрофических паводках возможно затопление карт-полигонов и по принципу домино произойдет перелив лигнинсодержащих отходов. Так, превышение края дамбы отстойника, расположенного на левом берегу р. Большая Осиновка и в 50 м от берега Байкала, составляет 1,81 м над урезом р. Большая Осиновка, что недостаточно при высоком подъеме уровня воды в реке;



• в зонах возможного подтопления и даже разрушения находятся участки ряда садоводств и поселок Солзан (рис. 8, а).

Например, на р. Малая Осиновка в 1971 г. потребовалось принятие экстренных мер для предотвращения прорыва селевого потока в карты-отстойники, так как селевыми отложениями была полностью заполнена восточная часть нагорной канавы, защищающей карты-отстойники от ливневых вод.

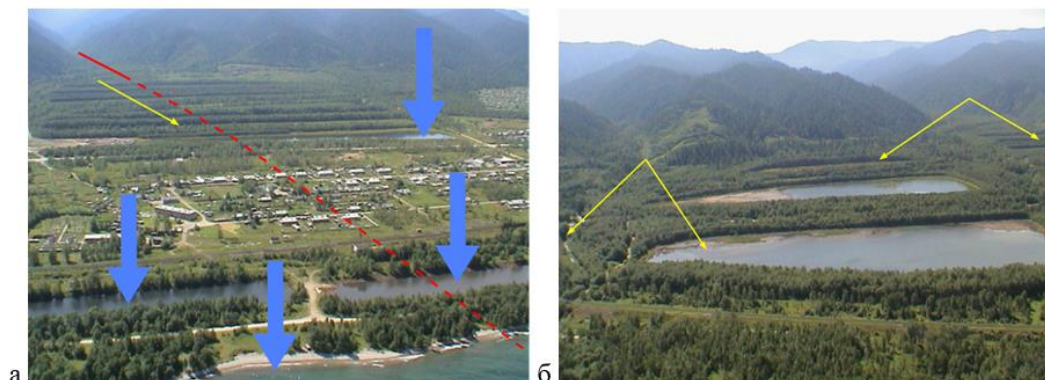


Рис. 7. Карты-отстойники лигниносодержащих отходов (голубые стрелки) и прибрежная часть оз. Байкал. а) Предполагаемая часть погребенного разлома (красная прерывистая линия), который при выходе из гор хорошо выражен в рельефе (сплошная красная линия). Желтая стрелка – возможное направление паводковых вод. б) возможные направления селевых и водных потоков с рек Большая и Малая Осиновка (показаны желтыми стрелками) (фото А. Кириченко).

Принципы защиты инфраструктуры полигонов

Согласно СНиП 11-02-96, в селеопасных зонах строительство любых инженерных сооружений запрещено без возведения защитных сооружений. Прежде чем выбрать защиту объектов БЦБК, следует определиться, что защищать: жидкие лигнинсодержащие отходы, хранящиеся в картах-накопителях; или их производные – «монолиты»? Могут ли оказать влияние защитные сооружения на пропускную способность мостов через реки Большая и Малая Осиновка, Бабха? Например, в 1971 г. сумма ущерба от селей и паводков по Иркутской области составила 80 млн. рублей (по курсу 1971 г.). Большая часть затрат ушла на восстановление мостов, линейных сооружений и перевозку через Байкал, без малого 6 суток, людей и груза от Иркутска до Улан-Удэ и Читы.

Отметим, что существующая инфраструктура Байкальского муниципального образования не имеет надежной противоселевой и противопаводковой защиты.

Предлагается два варианта принципиальных схем защитных мероприятий от селей и паводков на реках Большая и Малая Осиновка (рис. 8).

В основу защиты заложен свободный контролируемый пропуск селевых и водных масс в оз. Байкал. Имеются примеры, свидетельствующие о негативном влиянии селезащитных сооружений (сепарирующих – сквозных плотин или аккумулирующих – котлованов), возведенных без учета природных условий. Так, в 2000 и 2017 гг. сели парализовали жизнь города Тырныауз и привели к гибели людей. Ущерб от селевого паводка в 2000 г. составил около 4 млрд. рублей. Причиной катастроф в г. Тырныаузе признаны конструктивные недостатки пропускного канала и несовершенство водопропускных гидротехнических сооружений, сужение берегов реки. Пропускная способность канала составляла 500 м³/сек, а расход водокаменного потока достигал 2000 м³/сек. В 2000 г. катастрофу усугубила также разрушенная в 1999 сквозная железобетонная плотина, предназначенная для сепарации селевой массы [Сейнова, Золотарев, 2001; Черноморец, 2005].



Рис. 8. Пунктирными линиями показано возможное размещение потоконаправляющих дамб для защиты от наполнения карт-накопителей БЦБК от паводков и селей

На этом основании все предлагаемые варианты селезащитных сооружений в Южном Прибайкалье должны пройти необходимую многоступенчатую экспертизу, прежде чем получить разрешение на их возведение. В Прибайкалье селезащитных сооружений в 1971 г. практически не было и сейчас их недостаточно, а имеющиеся сооружения не проверены на надежность. При критически высоком уровне воды в реках с присутствием в потоках стволов деревьев (корчеходов), возникнут проблемы пропуска селевой массы через проемы мостов практически на всех реках Юго-Западного Прибайкалья.

Исходя из охарактеризованных селеформирующих факторов и особенностей долин Малая и Большая Осиновка, а также расположения карт-накопителей, при защите необходимо применить только сквозной пропуск потоков с использованием основного направления естественного русла.

Для **первого варианта** защиты необходимо:

- расчистить русла и поймы рек от деревьев;
- провести заглубление в виде потокотransпортирующих каналов, глубиной до 2,5 м, с сохранением естественного угла уклона дна канала до сброса в озеро Байкал с учетом пропускной способности четырех мостов (по два на Малой и Большой Осиновке).
- при выходе из гор долины Большая Осиновка, дополнительно следует предусмотреть возведение друг за другом двух сквозных плотин для сепарации селевой массы и задержания стволов деревьев, а ниже селенаправляющей железобетонной дамбы, с целью приема основного удара «головы» селевого потока и свободного пропуска селевой массы к потокотransпортирующему каналу.

Для **второго варианта** защиты необходимо:

- расчистить русла и поймы рек от деревьев;
- по р. Большая Осиновка при выходе из гор, следует предусмотреть возведение друг за другом двух сквозных плотин для сепарации селевой массы и задержания стволов деревьев, а ниже селенаправляющей железобетонной дамбы, с целью приема основного удара «головы» селевого потока и направления селевой массы, к потокотransпортирующему каналу, выполненному из железобетона.
- на Малой Осиновке по левому берегу возвести одностороннюю железобетонную селенаправляющую дамбу.

Из двух предложенных вариантов защиты, надежней и предпочтительней - второй вариант. Выполнить весь селепропускной канал следует из железобетона.



Большая часть территории Байкальского муниципального образования нуждается в защите от паводков и селей. Хотя, кроме селей и паводков, попадание лигнина в Байкал может произойти в результате сильного землетрясения.

В этой связи, напрашиваются вопросы. Стоит ли защищать отходы лигнина, в картах-отстойниках? Нужно ли хранить даже переработанный лигнин на берегах озера, и будет ли безвреден рукотворный продукт для Байкала через 100-1000 лет?

Более радикальной мерой защиты может быть **третий вариант** – транспортировка лигниносодержащих отходов по трубопроводу и переработка их на безопасном закрытом полигоне, где можно экспериментировать, подбирая рациональные способы и методы обезвреживания, а также использования полученных после переработки продуктов для определенных целей. Сейчас рассматривается вариант переработки отходов БЦБК на корм для рыб, предложенный фирмой из Франции.

Можно предложить проложить трубу для транспортировки лигниносодержащих отходов с выходом в районе пос. Култук в бассейн р. Иркут и перекачать в закрытую плотиной в выбранный суходол (рис. 9). Впоследствии по этой же трубе, в расположенные рядом долины, пади, подготовленные для хранения, можно транспортировать жидкие бытовые отходы со всего юго-западного побережья оз. Байкал. По-видимому, неизбежно это придется делать в ближайшие годы. Проект сулит выгоду в затратах, а главное – техногенный лигниносодержащий продукт не попадет в Байкал. За пределами бассейна Байкала из отходов можно по усмотрению вырабатывать строительные материалы, корм рыбам и другие продукты производства.



Рис. 9. Стрелками показаны возможные варианты направления трубопровода за пределы бассейна оз. Байкал. Один из этих вариантов направлений был рассмотрен в 1984 г.

В возможности использования как лигниносодержащих, так и жидких отходов в народном хозяйстве нет сомнения, но перерабатывать их правильнее в безопасной зоне, а не на берегу Байкала. Для этого следует рассчитать затраты на удаление отходов за пределы бассейна Байкала или на их защиту, по отношению к стоимости чистой воды в озере.

В проекте создания трубопроводной системы для удаления вредных отходов БЦБК за пределы бассейна Байкала от Института земной коры, в 1984 г. принимали участие В.П. Солоненко, В.С. Хромовских и В.К. Лапердин. После обследования трассы трубопровода было дано положительное заключение сейсмо-инженерно-геологических условий для прокладки продуктопровода. В 1987 году проект был готов, но под давлением общественности приостановлен. Общая сметная стоимость на выполнение



проекта (в ценах 1984 г.) составляла 99,8 млн. руб., при этом в сумму были включены объекты производственного, жилищно-гражданского назначения и прочие затраты, а возведение 76-километрового продуктопровода оценивалась в 88 млн. руб., с производительностью 86 млн м³ промышленных стоков в год. Напомним, что в картах-отстойниках Солзанского и Бабхинского полигонов хранится 6,2 млн. м³ отходов БЦБК, для перекачки которых, с вышеуказанной производительностью труб, потребуется 20-25 дней.

Для примера представлены фотографии, на которых показан трубопровод для перекачки отходов и плотина, возводимая для здания хранилища, для накопления и хранения отходов производства по обогащению полиметаллов (рис. 10). Хранилище построено в Туве и рассчитано на 50 лет.

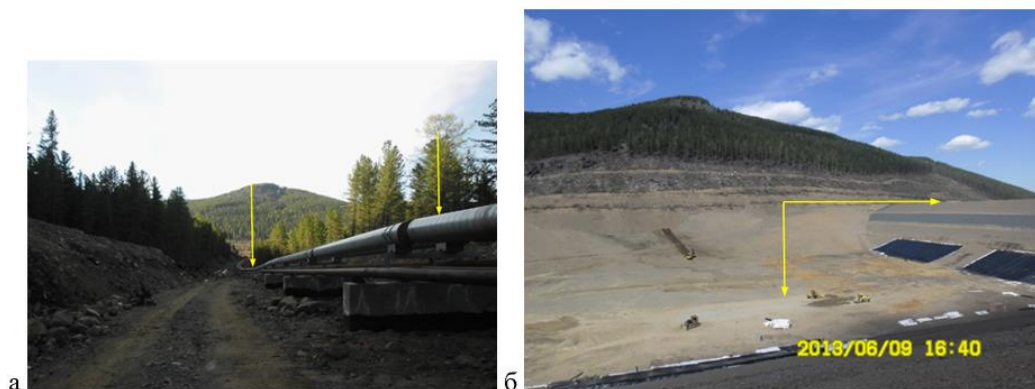


Рис. 10. Сооружения Кызыл-Таштыгского ГОКа, хребет Ломоносова, Республика Тува: а) трубопровод для транспортировки отходов производства полиметаллов. б) возводимая плотина – место хранения отходов. Фото 2013 г.

Заключение

После чрезвычайной ситуации, случившейся на юге Прибайкалья в июле 1971 г. прошло 45 лет. За это время подобного количества осадков здесь не наблюдалось, в результате чего в бассейнах рек Малая и Большая Осиновка и других скопилось большое количество продуктов выветривания (очагов селей). Но главное, русла рек, поймы и низкие террасы заросли лесом, который при контакте с водными и селевыми потоками может быть причиной создания плотин, а их прорыв способен привести к не контролируемому и не предсказуемому контакту паводковых вод с мостами и лигниносодержащими отходами и их выносу в оз. Байкал.

Оценка уровня опасности инфраструктуры Байкальска и Южного Прибайкалья, расположенной на территории с высоким уровнем риска, определяет необходимость возведения селезащитных и противопаводковых мероприятий. Защиту объектов следует проводить согласно природной и техногенной ситуации, сложившейся на данный период времени.

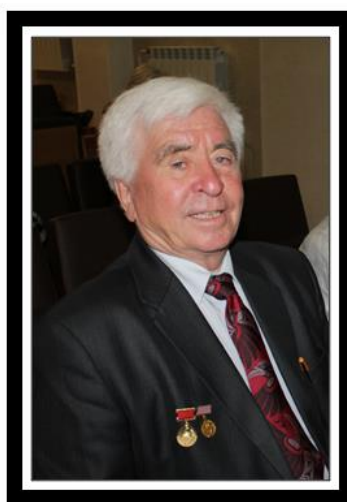
Уровень природно-техногенного риска может быть снижен до минимума при возведении надежных защитных инженерных сооружений, принципиальные схемы которых предложены в статье.

Список литературы

- Инженерная геология Прибайкалья (1968). М., Наука, 191 с.
 Лапердин В.К., Демьянович Н.И., Тржцинский Ю.Б. (1972). Катастрофические паводки 1971 г. и склоновые процессы. Иркутск, Информ. сб. ИЗК СО АН СССР, 19–23.
 Лапердин В.К., Тржцинский Ю.Б. (1977). Экзогенные геологические процессы и сели Восточного Саяна. Новосибирск, 103 с.
 Лапердин В.К., Качура Р.А. (2010). Геодинамика опасных процессов в зонах Природно-техногенных комплексов Восточной Сибири. Иркутск, ИЗК СО РАН, 312 с.



- Лапердин В.К., Леви К.Г., Имаев В.С., Молочный В.Г. (2016). Опасные геологические процессы в Юго-Западном Прибайкалье. Иркутск, Институт земной коры СО РАН, 200 с.
- Макаров С.А. (2012). Сели Прибайкалья. Иркутск, Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 111 с.
- Ожегов С.И. (1975). Словарь русского языка. М., Русский язык, 848 с.
- Саньков В.А., Чипизубов А.В., Лухнев А.В., Смекалин О.П., Мирошниченко А.И., Кале Э., Девершер Ж. (2004). Подход к оценке опасности сильного землетрясения в зоне Главного Саянского разлома по данным GPS-геодезии и палеосейсмологии. Геология и геофизика, 11: 1369–1376.
- Сейнова И.Б., Золотарев Е.А. (2001). Ледники и сели Приэльбрусья (Эволюция оледенения и селевой активности). М., Научный мир, 204 с.
- Селевой паводок в г. Слюдянке на Байкале (1962). Ответственный редактор Солоненко В.П. М., Академия наук СССР, 72 с.
- СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения»;
- Солоненко В.П. (1963). Селевая деятельность в плейстоценовых областях катастрофических землетрясений. Бюлл. МОИП, Отд. геол., 2: 133–140.
- Хромовских В.С. (1963). Сейсмогенные структуры Южного Прибайкалья. Геология и геофизика, 8: 68–81.
- Хромовских В.С. (1965а). Сейсмогеология Южного Прибайкалья. М., Наука, 122 с.
- Хромовских В.С. (1965б). Следы катастрофических землетрясений в Южном Прибайкалье. Геология и геофизика, 3.
- Черноморец С.С. (2005). Селевые очаги до и после катастроф. М., Изд-во «Научный мир», 183 с.



В.К. Лапердин (1838-2018)

Когда статья готовилась к печати, пришла скорбная весть о кончине автора – крупного исследователя природы Сибири и Дальнего Востока, д.г.-м.н., старшего научного сотрудника лаборатории палеогеодинамики Института земной коры СО РАН, члена Селевой ассоциации Валерия Кирилловича Лапердина.

В.К. Лапердин родился 26.07.1938 г. в Читинской области. В 1966 г. окончил географический факультет Иркутского государственного университета. С 1964 по 1997 гг. и с 2002 по 2018 гг. работал в Институте земной коры (ИЗК) СО АН СССР (с 1992 г. – СО РАН) на должностях от лаборанта до старшего научного сотрудника. В 1976 г. защитил кандидатскую диссертацию по теме «Роль экзогенных геологических процессов в формировании селей Восточного Саяна», в 2004 г. – докторскую диссертацию по теме «Закономерности развития экзогенных геологических процессов в Саяно-Байкальской горной области в зоне влияния линейных сооружений». В.К.



Лапердин был специалистом в области инженерной геодинамики. Его научные интересы были связаны с изучением факторов формирования особо опасных эндогенных и экзогенных геологических процессов, прогнозом их развития и распространения, а также разработкой принципов защиты от геологических опасностей и экологической нестабильности в пределах созданных зон влияния линейных природно-технических систем, железных и шоссейных дорог, линий связи и электропередач. Проводил исследования природно-техногенных факторов в зонах нефте-газотранспортирующих комплексов в Восточной Сибири. По его методике были созданы геодинамические стационары для изучения факторов скорости выветривания и динамики продуктов разрушения коренных пород в условиях криогенеза в республиках Бурятия, Саха (Якутия), Тува, в Иркутской, Читинской и Амурской областях, Красноярском крае. Это позволило получить параметры для оценки устойчивости рыхлообломочного материала в зависимости от крутизны, экспозиции склонов и сейсмической активности территории, установить закономерности развития и распространения опасных экзогенных геологических процессов и дать им количественную и качественную оценку на региональном уровне.

В.К. Лапердин был автором более 70 научных работ, лауреатом премии Совета министров СССР (1988), лауреатом областного конкурса за монографию «Геодинамика опасных процессов в зонах природно-техногенных комплексов Восточной Сибири» (Иркутск, 2010), заслуженным ветераном СО АН СССР. Награжден медалями «За строительство Байкало-Амурской магистрали» (1983), «Ветеран труда», Золотой медалью ВДНХ СССР (1980), почетной грамотой ИЗК СО РАН (2008). Более 20 лет В.К. Лапердин представлял Сибирь и Дальний Восток во Всесоюзной селевой комиссии. За заслуги в области селеведения он был награжден высшей наградой Селевой ассоциации – медалью имени Флейшмана (2016).

Приносим глубокие соболезнования родным и близким В.К. Лапердина.