

**РАЗВИТИЕ
ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ СИБИРИ
И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА С УЧЁТОМ
ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ
И ЯВЛЕНИЙ**

Под редакцией А.Л. Шныпаркова

Издательство «Перо»
Москва 2021

УДК 625.1:656.01

ББК 39

P17

Авторы:

Д.Н. Айбулатов, Т.Г. Глазовская, В.И. Гребенец, А.А. Деркачева,
С.А. Сократов, В.А. Толманов, А.С. Турчанинова, Т.И. Хисматуллин,
Д.И. Школьный, А.Л. Шныпарков

Рецензенты:

доктор географических наук, профессор В.Л. Бабурин,
доктор географических наук, профессор В.В. Разумов

Подготовка картографических материалов:

Д.Н. Айбулатов, А.А. Деркачева, А.С. Турчанинова, Т.И. Хисматуллин

P17

Развитие транспортных коммуникаций Сибири и Дальнего Востока с учётом опасных природных процессов и явлений / под ред. А.Л. Шныпаркова // Д.Н. Айбулатов, Т.Г. Глазовская, В.И. Гребенец, А.А. Деркачева, С.А. Сократов, В.А. Толманов, А.С. Турчанинова, Т.И. Хисматуллин, Д.И. Школьный, А.Л. Шныпарков. – М.: Издательство «Перо». – 2021. — 200 с., илл.

ISBN 978-5-00171-866-6

На основе оценки степени опасности и риска опасных геокриологических процессов, наводнений, снежных лавин и селевых потоков предложена стратегия развития транспортных коммуникаций (автомобильных и железных дорог) к середине XXI века на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока.

Development of transportation network in Eastern Siberia and the Russian Far East taking into account dangerous natural processes and phenomena / ed. by A.L. Shnyarkov // D.N. Aibulotov, T.G. Glazovskaya, V.I. Grebenets, A.A. Derkacheva, S.A. Sokratov, V.A. Tolmanov, A.S. Turchaninova, T.I. Khismatullin, D.I. Schoolny, A.L. Shnyarkov. – M.: Pero Publishing House. – 2021. – 200 p.

A strategy for the development of transportation network (roads and railways) by the middle of the XXI century in Eastern Siberia and the Russian Far East is proposed based on the assessment of the degree of hazard and risk of dangerous geocryological processes, floods, snow avalanches and debris flows.

Издано при финансовой поддержке Русского географического общества, проект «Современное состояние и динамика опасных природных процессов, влияющих на существующую и перспективную транспортную сеть Сибири и Дальнего Востока» № 15/2019/РГО–РФФИ.

© Коллектив авторов, 2021

Введение

В последние годы внимание руководства страны обращено к развитию арктических и приравненных к ним районов Российской Федерации, в том числе Дальнего Востока. Территория исследований — Восточная Сибирь и Дальний Восток, которая включает 14 субъектов Российской Федерации: Красноярский, Камчатский, Хабаровский, Приморский, Забайкальский края, Республики Саха (Якутия), Хакасия, Тыва, Бурятия, Иркутскую, Магаданскую, Сахалинскую области, Чукотский автономный округ и Еврейскую автономную область. В настоящее время сеть транспортных коммуникаций довольно слабо развита на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока, за исключением южной части этого региона. При существовании нескольких федеральных и региональных автомобильных дорог основное значение имеют автомобильные дороги местного значения, а также железнодорожные магистрали — Транссиб и БАМ. При дальнейшем освоении территории Восточной Сибири и Дальнего Востока и развития её экономики возникает необходимость развития транспортных коммуникаций между субъектами Российской Федерации. Сложные орографические, климатические, гидрологические условия, а также развитие многолетнемерзлых пород приводят к значительному удорожанию строительства, эксплуатации транспортных коммуникаций на данной территории, возникновению чрезвычайных ситуаций и ущербу от них. Учёт влияния опасных природных процессов на транспортные коммуникации при разработке стратегии развития транспортных коммуникаций позволяет определить наиболее выгодные их направления, а также снизить издержки и ущербы при строительстве и эксплуатации.

Цель исследования — оценить опасность и риск природных процессов на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока (территории восточнее р. Енисей) для транспортных коммуникаций в настоящем и будущем. В изучаемый

перечень опасных природных процессов были включены наводнения, снежные лавины, селевые потоки и геокриологические процессы (морозобойное растрескивание, морозное пучение, термокарст, термоэрозия и термоабразия, наледи, курумы и каменные глетчеры).

Для достижения поставленной цели были определены распространение и параметры опасных природных процессов (площади распространения, повторяемость и продолжительность воздействия в течение года, факты негативного воздействия опасных природных процессов в виде базы данных) в пределах муниципальных образований субъектов Восточной Сибири и Дальнего Востока; опасность и риск для транспортных коммуникаций от этого набора опасных природных процессов в начале и в середине XXI века на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока; изменения активности, опасности и риска этого набора природных процессов вследствие изменения климата; было выработано оптимальное размещение транспортных коммуникаций с учётом возможных изменений природных рисков и ущербов к середине XXI века на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока.

База данных по чрезвычайным ситуациям

На первом этапе работы была составлена база данных по проявлению наводнений, снежных лавин, селевых потоков, которые вызывали чрезвычайные ситуации на территории всех муниципальных образований Восточной Сибири и Дальнего Востока. Сбор данных по чрезвычайным ситуациям на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока производился с использованием различных источников, включая научные публикации, различные интернет-сайты. В результате в базу данных вошли сведения о 390 чрезвычайных ситуациях, вызванных наводнениями (65%), селевыми потоками (22%) и снежными лавинами (13%). Их распределение по количеству на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока показано на рис. 1.

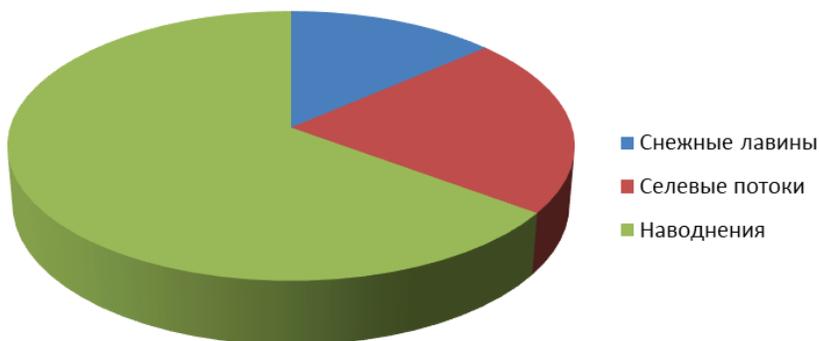


Рис. 1. Распределение чрезвычайных ситуаций по видам опасных природных процессов на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока

На территории Восточной Сибири и Дальнего Востока наиболее часто чрезвычайные ситуации возникают на территориях муниципальных образований Сахалинской и Камчатской областей, Республик Бурятия, Саха (Якутия) и Красноярского края. Наименьшее количество чрезвычайных ситуаций отмечено на территориях Еврейской автономной области, Чукотского автономного округа и Республики Тыва.

Оценка опасности природных процессов на территории муниципальных образований

Для оценки степени опасности природных процессов для транспортных коммуникаций использовались три показателя: доля площади муниципального образования, подверженного воздействию опасного природного процесса; продолжительность периода, в течение которого возможно негативное воздействие процесса в течение года; и их повторяемость. Эти параметры опасных природных процессов были определены для каждого муниципального образования территории Восточной Сибири и Дальнего Востока.

Оценка степени опасности каждого отдельного опасного природного явления для транспортных коммуникаций Сибири и Дальнего Востока в каждом муниципальном образова-

нии была произведена методом генерализации по четырём градациям: неподверженное данному типу опасного природного явления; низкая степень опасности; средняя степень опасности; высокая степень опасности.

Соотнесение к градации производилось путём перемножения следующих трёх характеристик: «распространение», «продолжительность» и «повторяемость», каждой из которых присваивалось значение от 0 до 1.

В случае распространения опасного природного явления по всей территории муниципального образования, вне зависимости от общей площади муниципального образования, значение «распространение» определялось как 1. При отсутствии на территории муниципального образования опасного природного явления значение «распространение» принималось равным 0. В других случаях значение «распространение» представляло собой долю подверженной территории воздействию опасного природного процесса муниципального образования. Кроме того, в пределах территорий, подверженных опасному природному процессу, на основе дешифрирования космических снимков оценивалась доля реально опасных территорий. Для этого были выбраны ключевые участки с разными орографическими и ландшафтными условиями, охватывающие равнинные и горные районы в различных климатических условиях: по три участка для каждого типа территории. Для каждого вида опасного природного процесса оценивалась доля опасного участка. С помощью полученного значения корректировалась доля площади муниципального образования, подверженного воздействию опасного природного процесса.

«Продолжительность» оценивалась как часть года, когда опасное природное явление может проявляться на территории муниципального образования, выраженное в доле опасного периода к году в целом.

«Повторяемость» принималась за 1 при ежегодном проявлении опасного природного явления, уменьшаясь в соответствии с делением единицы на число лет между проявлениями

опасных природных явлений на территории муниципального образования.

По результатам перемножения этих характеристик строилась гистограмма из 25 равных интервалов полученных значений долей, в каждый из которых попадало некоторое количество муниципальных образований. Все муниципальные образования, имеющие значение, равное 0, относились к неподверженным воздействию данному типу опасного природного явления (опасность отсутствует). Границы между «низкой», «средней» и «высокой» степенью опасности определялись по построенной гистограмме таким образом, чтобы в каждой градации оказалось примерно одинаковое количество муниципальных образований.

Для оценки комплексной степени опасности степеням опасности каждого природного процесса были присвоены числовые значения от «низкой» до «высокой», последовательно, от 1 до 3, присваивая 0 в случае, если территория муниципального образования не подвержена данному типу опасного природного явления. Кроме того, видам опасных природных явлений экспертным путём был присвоен весовой коэффициент, также от 1 до 3, как представлено в таблице 1.

Таблица 1.

**Относительный вес
различных опасных природных процессов**

Опасный природный процесс	Весовой коэффициент
Наводнения	3
Термоабразия и термоэрозия	2
Морозное пучение	1
Морозобойное растрескивание	1
Термокарст	3
Курумы и каменные глетчеры	3
Наледи	2
Селевые потоки	3
Снежные лавины	2

Для каждого муниципального образования было рассчитано отношение суммы произведений степеней опасности каждого опасного природного явления на соответствующий весовой коэффициент к произведению суммы всех коэффициентов на 3 (максимальная возможная степень опасности для муниципального образования — «высокая» степень опасности). Аналогично расчётам по каждому отдельному опасному природному явлению были определены границы между «низкой», «средней» и «высокой» степенью интегральной опасности для транспортных коммуникаций Восточной Сибири и Дальнего Востока.

Очевидно, что для других объектов инфраструктуры весовые коэффициенты, представленные в таблице 1, могут отличаться от принятых, т. к. воздействие на разные типы объектов опасных природных процессов различается. Такой подход впервые позволил объединить оценки таких различных по проявлению, повторяемости и последствиям опасных процессов, как длительно развивающиеся (криогенные процессы) и развивающиеся в короткий период времени — снежные лавины, селевые потоки, наводнения.

Оценка риска опасных природных процессов на территории муниципальных образований

Оценка риска опасных природных процессов выполнялась в показателях вероятного ущерба за год. Она основана на ранее разработанной методике оценки риска селей и лавин (Baburin et. al., 2014).

Для оценки риска опасных природных процессов в экономических показателях использовались ранее полученные значения повторяемости процессов, продолжительности периода в пределах муниципальных образований, когда они могут воздействовать на транспортные коммуникации в течение года, поражённости опасными природными процессами транспортных коммуникаций на территории муниципального образования, которые были определены для оценки опасности природных процессов. Таким образом, итоговая формула расчёта риска опасных природных процессов такова:

$$Rp = P \times Yt \times Ys \times S, \quad (1)$$

где Rp — экономический риск, руб./год; P — повторяемость опасных природных процессов, раз в год; Yt — уязвимость во времени, безразмерная величина; Ys — уязвимость в пространстве, безразмерная величина; S — стоимость транспортных коммуникаций, рассчитанная как сумма произведений стоимостей 1 км разных категорий транспортных коммуникаций на их длину в пределах муниципального образования, руб.

На основе вышеуказанной формулы были рассчитаны значения риска для транспортных коммуникаций каждого из муниципальных образований, расположенных на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока по каждому природному процессу, а также рассчитаны интегральные значения риска вышеназванных природных процессов. Такие расчёты были произведены для 359 муниципальных образований территории Восточной Сибири и Дальнего Востока.

Оценка опасности и риска природных процессов в середине XXI века

Оценка изменения опасности и риска природных процессов для муниципальных образований выполнялась с учётом изменения климатических условий. Для расчёта изменений климатических параметров и связанных с ними показателей активности природных процессов из ансамбля CMIP5 сценария RCP 8.5 МГЭИК (IPCC) была выбрана модель MRI-CGCM3 эксперимент r11pl1 (Meteorological Research Institute, Tsukuba, Japan). Китайскими исследователями (Li, Gao, 2015; Miao et al., 2014) было установлено, что эту модель изменения климата отличает наиболее выраженная положительная корреляция значений атмосферного давления в пределах Сибирского антициклона, полученных в результате реанализа, а также она даёт наиболее близкие к реальным значения температуры воздуха. Помимо этого, модель имеет достаточно густую сеть расчётных значений — размер ячейки в пределах территории Российской Федерации изме-

няется от $1,122 \times 1,125$ до $1,118 \times 1,125$ градусов, что в условиях отсутствия региональных моделей изменения климата для России позволяет оценивать изменения на относительно небольших по площади территориях. Последний период, по которому выполнялся реанализ, — 1991–2000 гг. Он определён как «современный» и по отношению к нему выполнялись расчёты изменений искомых параметров в будущем. Расчёты выполнены на середину (2041–2050 гг.) XXI века. На указанные периоды для узлов сетки были рассчитаны средние значения температуры воздуха и суммы осадков по месяцам и за год. Затем по этим данным были рассчитаны продолжительность тёплого (T более 0°C) и холодного (T менее 0°C) периодов. Для каждого периода было подсчитано количество прогнозируемых осадков. По разности значений параметров за разные периоды (начало и середина XXI века) с использованием ArcGIS 10.3 были построены поверхности, характеризующие их изменения. Далее при наложении на карту муниципальных образований были определены средние значения параметров продолжительности тёплого и холодного периодов и количества осадков за эти периоды и их изменений для каждого муниципального образования Восточной Сибири и Дальнего Востока.

Наибольшие сложности были с определением изменений параметров опасных геокриологических процессов. Было сделано допущение, что принципиально площади распространения этих процессов не поменяются, не поменяется и их повторяемость. Таким образом, изменения коснутся только продолжительности периода воздействия на транспортные коммуникации.

Оценка изменений опасности и риска селевых потоков для транспортных коммуникаций основана на том, что территории их проявления практически не изменятся, значения продолжительности негативного воздействия определяются изменениями продолжительности периода с температурами воздуха более 0°C . Для определения изменения повторяемости селевых потоков оценивались изменения количества

осадков за тёплый период на середину и конец XXI века. Оценка изменения повторяемости селевых потоков наименее точна, т. к. в современных условиях не найдена тесная связь между повторяемостью селевых потоков и количеством осадков за тёплый период. В связи с этим было принято допущение, что при изменении количества осадков в пределах $\pm 10\%$ повторяемость селевых потоков не изменится. При изменении количества осадков в пределах $\pm 10\text{--}30\%$ повторяемость селевых потоков изменится соответственно на $\pm 10\%$. При изменении количества осадков за тёплый период более $\pm 30\%$ повторяемость селевых потоков изменится на $\pm 20\%$.

При оценке степени опасности и риска снежных лавин в середине XXI века основное внимание было уделено изменению продолжительности лавиноопасного периода и повторяемости лавин, считая, что территории распространения снежных лавин за этот период не претерпят существенного изменения. Изменения продолжительности лавиноопасного периода и повторяемости лавин определялась по методике, предложенной В.Ф. Околовым (Мягков и др., 1987).

При оценке изменений опасности и риска наводнений были сделаны допущения, что территории их воздействия существенным образом к середине XXI века не изменятся. Продолжительность периода проявления наводнений будет определяться продолжительностью периода положительных температур воздуха, а повторяемость наводнений не изменится при изменении осадков в пределах 20% в ту или иную сторону, при большем изменении количества осадков повторяемость наводнений изменится на 10% .

Таким образом, для каждого муниципального образования были рассчитаны новые значения опасности и риска опасных природных процессов к середине XXI века с учётом их изменений.

На последнем этапе работ изучались различные материалы по прогнозу экономического развития дальневосточного региона. С учётом изменения опасности и риска природных процессов к середине XXI века предложена стратегия

развития транспортной сети и определены наиболее оптимальные (с наименьшими величинами риска и опасности природных процессов) направления развития транспортных коммуникаций Восточной Сибири и Дальнего Востока.

На исследуемой территории были проведены полевые обследования опасных природных процессов и оценено их влияние на транспортные коммуникации в Красноярском крае, Республиках Тыва и Хакасия (геокриологические опасности, наводнения, селевые потоки, снежные лавины), Республике Саха (Якутия) и севере Амурской области (геокриологические опасности), Иркутской и Сахалинской областях (снежные лавины и селевые потоки), Чукотском автономном округе (наводнения, селевые потоки, геокриологические опасности).

В работе принимали участие специалисты разных направлений: Д.Н. Айбулатов, Д.И. Школьный (наводнения), В.И. Гребенец, В.А. Толманов, С.А. Сократов (опасные геокриологические процессы), Т.Г. Глазовская, А.С. Турчанинова (снежные лавины), А.Л. Шныпарков, Т.И. Хисматуллин (селевые потоки), картографические работы выполнялись А.А. Деркачевой, А.С. Турчаниновой, Т.И. Хисматуллиным.

Авторы данной публикации благодарны Русскому географическому обществу за оказанную материальную поддержку для выполнения этих исследований, а также рецензентам д.г.н. В.Л. Бабурину и д.г.н. В.В. Разумову за ценные замечания при написании этой монографии.

1. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

1.1 Наводнения

Наводнение — это затопление территории водой, являющееся стихийным бедствием (ГОСТ 19179-73). Под наводнением также понимается временное затопление водой прилегающей к реке или водоёму местности, которое причиняет материальный ущерб, наносит урон здоровью населения или приводит к гибели людей, имеет отрицательные экологические последствия (Нежиховский, 1988; Добровольский, Истомина, 2006).

На всем протяжении своей истории человечество сталкивалось с влиянием водных объектов на дороги и их инфраструктуры. Наибольшее влияние они оказывают при прохождении максимальных уровней и расходов воды на водотоках. Происходящие при этом затопления не только приводят к заливанию территории объектов, их разрушению, приостановке работы, но и сопровождаются другими опасными процессами. Наводнения характеризуются прохождением максимальных скоростей течения, которые активизируют русловые процессы и усиливают горизонтальные и вертикальные деформации русел. При максимальных уровнях и скоростях водных потоков особо опасными становятся ледовые процессы (ледоход, подвижка льда), карчеход. Затопление ведёт к контакту объектов с агрессивным гидрохимическим и тепловым воздействием на транспортное хозяйство.

В данной работе будем считать опасным любое затопление транспортных объектов.

Факторов, приводящих к опасному повышению уровня воды, несколько. По типам наводнения подразделяются на две большие группы: вызываемые естественным режимом водных объектов и антропогенно-обусловленные.

Выделяют следующие типы природных наводнений (Алексеевский и др., 2012):

- стоковые (самые распространённые в мире; связаны с прохождением во время половодья и паводков очень больших расходов воды),
- заторные (вызваны снижением пропускной способности русел водотоков из-за образования ледяных заторов и зажоров),
- морфодинамические (к ним приводят опасные русловые переформирования),
- нагонные (возникают в результате штормовых нагонов воды со стороны моря),
- цунами (возникают при подходе к берегу волн цунами),
- дождевые (при локальных ливневых осадках),
- смешанные (при сочетании максимального стока и заторно-зажорных явлений, максимального стока и размывов берегов, половодья (паводка) и штормового нагона и т. п.).

К особой категории относятся наводнения, связанные с трансгрессией приёмного водоёма.

Антропогенными причинами наводнений могут являться:

- сужение живого сечения потока реки русловыми дорогами, дамбами, мостовыми переходами, что уменьшает пропускную способность русла и повышает уровень воды;
- сезонное регулирование стока вышележащими водохранилищами, что вызывает нарушение естественного режима расхода воды;
- разрушения плотин, которые удерживают воды водохранилища.

По размерам и наносимому наводнениями суммарному ущербу принято различать небольшие, большие, выдающиеся и катастрофические наводнения (Воробьев и др., 2003). К небольшим наводнениям относятся наводнения, которые затопливают пойму в пределах 12–25% слоем воды 0,6–1,5 м на период от нескольких дней до 10–20 суток. Ширина раз-

лива составляет от сотен метров до 1–3 км (в зависимости от типа поймы). Повторяемость таких наводнений составляет 1 раз в 5–8 лет.

Большими наводнениями считаются те, которые повторяются 1 раз в 10–25 лет и сопровождаются, как правило, частичной эвакуацией населения. Пойма затапливается от 40 до 70% от общей площади затопления слоем воды 1,5–2,5 м, а продолжительность затопления поймы колеблется от 20–40 дней до 2–3 месяцев.

Выдающиеся наводнения охватывают крупную речную систему. Они почти полностью парализуют хозяйственную деятельность и приводят к массовой эвакуации населения. Во время такого наводнения пойма затапливается на 75–90% слоем воды (в зависимости от типа поймы) до 3–5 м, сроком от нескольких дней до 3 и более месяцев. Повторяемость таких наводнений — 1 раз в 50–100 лет.

Катастрофические наводнения надолго парализуют хозяйственную деятельность и сопровождаются гибелью людей. Во время такого наводнения пойма затапливается на 90–100%, сроком от нескольких часов до 180–240 дней, слоем воды от 3–5 до 8–10 м и более (поймы рек Лены, Подкаменной Тунгуски, Витима и др.). Интенсивность подъема уровня воды и затопления составляет 2–3 м/сутки, а при заторах льда, нагонах и цунами этот подъем может наблюдаться в течение нескольких часов. Поймы рек затапливаются на десятки и сотни километров. Повторяемость таких наводнений реже, чем 1 раз в 100 лет.

Таким образом, для оценки масштаба наводнения в основном используют значения максимального уровня подъема воды в период его действия.

На территории Сибири находится почти 1,5 млн рек, общая протяженность которых около 5 млн км (Безруков и др., 2014). Среди них три крупнейшие реки России — Енисей, Лена и Амур, а также входящие в число 18 самых водоносных рек страны Алдан, Ангара, Колыма, Нижняя Тунгуска, Хатанга, Пясины, Витим, Олекма. К крупнейшим озёрам

страны относятся Байкал (объём 23 000 км³), Таймыр (13 км³) и Чаны (4,3 км³), к менее крупным — Пясино, Телецкое, Лама, Агата, Гусиное, Убинское и др.

Значительную долю водного фонда составляют сибирские водохранилища, многие из которых относятся к крупнейшим в стране. Прежде всего, это водохранилища Ангаро-Енисейского каскада ГЭС — Иркутское, Братское, Усть-Илимское и Богучанское на Ангаре, Саяно-Шушенское, Майнское и Красноярское на Енисее. На других реках Сибири также созданы крупные водохранилища, такие как Усть-Хантайское на Хантайке, Курейское на Курейке, Вилуйское на Вилуе, Мамаканское на Мамакане.

Реки рассматриваемой территории имеют смешанное питание, с преобладанием на юге исследуемой территории снегодождевого, а на севере снегового питания (Гагаринова и др., 2014), восточная часть характеризуется дождевым питанием.

Весенние подъёмы уровней на непромерзающих реках происходят в результате увеличения водности рек. На промерзающих реках часть весеннего стока происходит по поверхности ледяного покрова при повышенных уровнях. В тёплый период года отмечаются резкие колебания уровня, обусловленные прохождением весеннего, весенне-летнего половодья и дождевых паводков. Дождевые паводки обычно начинаются на спаде половодья и наблюдаются в течение всего лета. На горных реках паводки чаще всего формируются вслед за половодьями. Характерной особенностью паводков являются резкие подъёмы и спады уровней во время их прохождения. Высота подъёмов уровня воды в летний период уменьшается с юга на север.

Для ряда территорий, расположенных в горах Южной Сибири и на востоке Якутии, максимальные расходы дождевых паводков превышают максимумы половодья. Это обусловлено сочетанием орографических условий и климатических условий (малоснежные зимы, летний максимум осадков континентального генезиса и др.). Паводки наблюдаются на всех реках территории. Общая продолжительность паводоч-

ного периода на реках южных районов составляет в среднем три месяца, в северных районах — 1–2 месяца.

На исследуемой территории (восточнее р. Енисей) наиболее часто наводнения происходят на юге Приморского края, на притоках Среднего Енисея и Средней Лены. Эти районы являются чрезвычайно опасными в отношении наводнений. Разливы воды наблюдаются здесь чаще, чем 1 раз в 2 года, а максимальные уровни затопления прибрежных территорий могут превышать 3,0 метра. В отдельные годы пойма затопливается здесь более чем на 90%.

В анализе проявления наводнений на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока использованы данные по 304 случаям, зафиксированным с 1752 по 2017 год. Основными источниками информации служили (Добровольский, Истомина, 2006; Таратунин, 2008; Фобос). Всего в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке зарегистрировано 271 крупное наводнение — это больше, чем в других макрорегионах страны (Добровольский, Истомина, 2006). Только за последние двадцать лет такие наводнения в Сибири происходили в 2004, 2006–2008, 2012–2014 гг., 2018–2019 гг. (рис. 1.1.1).

На наводнения бассейнового масштаба приходится 55% всех случаев (табл. 1.1.1). Максимальное количество таких наводнений наблюдалось в Еврейской и Амурской областях и в Хабаровском крае. В Республиках Тыва и Хакасия наводнения такого масштаба не наблюдались. По наводнениям локального масштаба на первом месте с большим отрывом лидирует территория Республики Саха (Якутия) (24% всех случаев).

Чаще всего в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке наводнения возникают во время половодий и дождевых паводков (рис. 1.1.2). Половодные наводнения вызываются снеготаянием на равнине (весеннее половодье) или таянием снега и ледников в горах (весенне-летнее половодье). Паводочные наводнения могут наносить большой ущерб, поскольку они имеют самую высокую повторяемость, высокую скорость формирования и могут охватывать затоплением как отдельные небольшие бассейны, так и обширные территории.

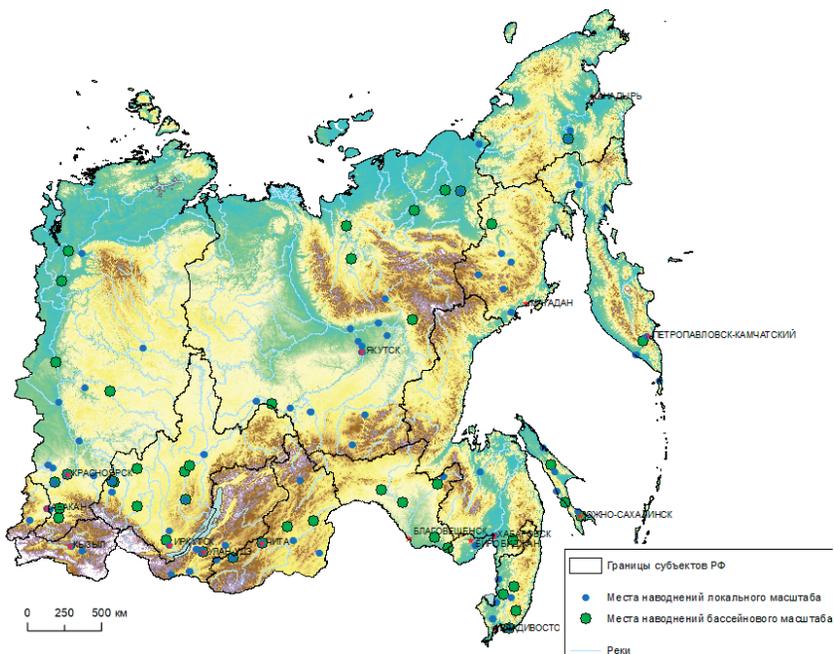


Рис. 1.1.1 Распространение наводнений на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока

Таблица 1.1.1

**Распространение наводнений на территории
Восточной Сибири и Дальнего Востока по масштабу**

	Бассейновый масштаб	Локальный масштаб
Общее число	168	136
Амурская область	21	3
Еврейская автономная область	22	1
Забайкальский край	12	8
Иркутская область	7	12
Камчатский край	8	12
Красноярский край	15	15
Магаданская область	3	9

	Бассейновый масштаб	Локальный масштаб
Приморский край	18	7
Республика Бурятия	8	21
Республика Саха (Якутия)	13	33
Республика Тыва	0	3
Республика Хакасия	0	0
Сахалинская область	17	6
Хабаровский край	22	3
Чукотский автономный округ	2	3

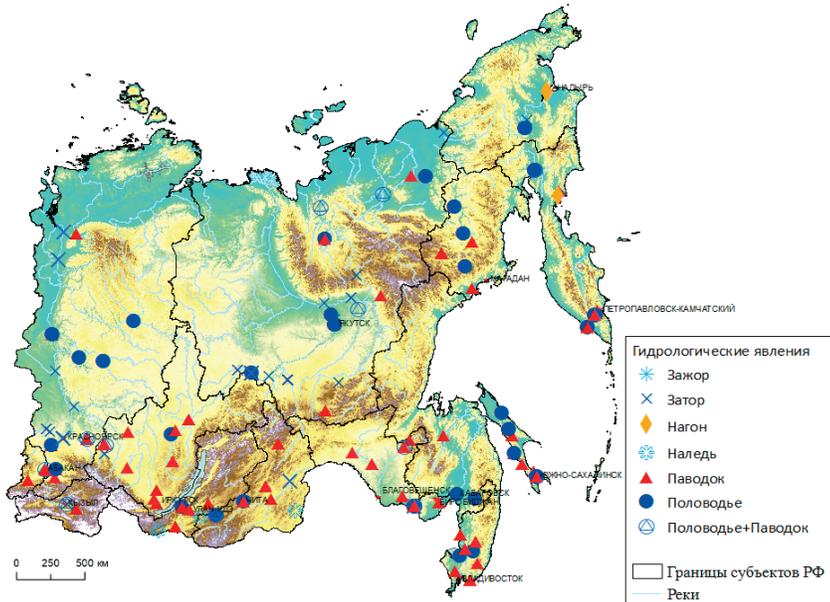


Рис. 1.1.2. Причины наводнений на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока

Спецификой Восточной Сибири и Дальнего Востока является большое число наводнений, вызванных образованием

зажоров, заторов и наледей. Главные сибирские реки текут в субмеридианальном направлении, что способствует образованию заторов. Как правило, заторы происходят на фоне большой весенней водности при холодной весне в районе заторного участка и интенсивном снеготаянии (5–7 мм/сут.) в верхней части бассейна. Всего на реках Сибири насчитывается 507 заторных участков, на 97 из которых (19% от общего количества) зафиксированы наводнения; 44 зажорных участка, на трёх из которых бывают наводнения (или 7% от общего количества); 219 заторно-зажорных участка, из которых на 50 (23 %) встречаются наводнения. Больше всего заторных участков расположено на реках бассейнов Енисея и Лены, заторно-зажорных — в бассейнах Лены и оз. Байкал. Зажорных участков гораздо меньше, и встречаются они в основном в бассейне реки Ангары (Каталог заторных..., 1976).

В устьях рек Восточной Сибири и Дальнего Востока возможны нагонные наводнения. На Енисее нагонная волна может в меженный период доходить до г. Туруханск, а у пос. Байкалово (около 400 км от устья) высота нагонов достигает 1,5–2,4 м (Нежиховский, 1988). В Восточной Сибири и на Дальнем Востоке нагоны редко приводят к крупным наводнениям вследствие расположения поселков и хозяйственных объектов преимущественно на высоких берегах и небольшой численности населения.

Максимальное количество наводнений на исследуемой территории приходится на дождевые паводки (52%) и половодье (24%) (табл. 1.1.2). С зажорами, наледями и нагонами связано образование только 2% всех наводнений. Во всех субъектах Восточной Сибири и Дальнего Востока, кроме Камчатского, Красноярского краёв, Магаданской области, Республики Саха-Якутия и Чукотского автономного округа, количество наводнений, вызванных паводками, преобладает над имеющими половодное происхождение. В Красноярском крае, Иркутской области и Республике Саха часто встречаются наводнения с заторным генезисом.

Таблица 1.1.2

**Распределение типов наводнений по генезису
на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока**

	Паводок	Половодье	Половодье+ паводок	Загор	Зажор	Наледи	Нагон
Общее число	163	73	24	44	1	3	2
Амурская область	16	4	4	1	0	0	0
Еврейская автономная область	18	4	4	1	0	0	0
Забайкальский край	14	2	0	2	0	2	0
Иркутская область	10	1	1	6	0	0	0
Камчатский край	8	8	3	0	1	0	0
Красноярский край	9	10	3	8	0	0	0
Магаданская область	5	5	0	1	0	0	1
Приморский край	23	2	0	0	0	0	0
Республика Бурятия	24	1	1	2	0	1	0
Республика Саха (Якутия)	3	20	3	19	0	0	0
Республика Тыва	2	0	0	1	0	0	0
Республика Хакасия	2	0	0	1	0	0	0
Сахалинская область	13	9	1	0	0	0	0
Хабаровский край	16	4	4	1	0	0	0
Чукотский автономный округ	0	3	0	1	0	0	1

Значимой является опасность наводнений, возникающих вследствие гидротехнического строительства. Так, в верхних бьефах плотин Ангарского каскада в последние годы участились приводящие к затоплению случаи форсировки уровня выше нормального подпорного горизонта, а сброс через плотину дополнительных объёмов воды для предотвращения этого приводит к затоплению и подтоплению объ-

ектов в нижнем бьефе (как произошло в Иркутске в 1995 г.). Особую потенциальную опасность представляют наводнения при повреждении гидроузлов и формировании в нижних бьефах волн прорыва с огромными объёмами воды и скоростью движения, ведущие к тяжёлым экономическим и экологическим последствиям. Так, в случае прорыва плотины Иркутской ГЭС может образоваться зона катастрофического затопления площадью 62,4 км² (123,6 тыс. чел. попадают в зону потенциального затопления), Братской ГЭС — 104 км² (33,3 тыс. чел.), Усть-Илимской ГЭС — 117 км² (13,5 тыс. чел.) (Павлов, 1998).

Годовая амплитуда колебания уровней воды на больших реках составляет в среднем 7–8 м, на средних реках — 3–4 м, на малых — 1–2 м. Изменения уровня воды для Енисея и Лены наибольшие для российских рек, они увеличиваются от верхнего течения к устью от 3–6 до 16 м и больше. В нижнем течении р. Лены (с. Кюсюр) уровень повышается на 28 м, а на Нижней Тунгуске у пос. Большого Порога — на 33 м.

Превышением уровня воды более чем на 5 м характеризуются 36% всех случившихся на исследуемой территории наводнений (табл. 1.1.3, рис. 1.1.3). Наиболее высокими значениями повышения уровня воды выделяются реки Республики Саха (Якутия), на долю которой приходится 25% всех случаев поднятия максимального уровня воды более чем на 5 м.

Таблица 1.1.3

**Диапазоны изменения максимальных уровней воды (м)
при прохождении наводнений на территории
Восточной Сибири и Дальнего Востока**

Максимальные уровни, м	0–1	1–2	2–3	3–4	5–10	>10
Общее число	1	35	39	124	102	9
Амурская область	0	4	0	12	8	1
Еврейская автономная область	0	4	0	13	9	1
Забайкальский край	0	2	5	5	8	0

Продолжение таблицы 1.1.3

Максимальные уровни, м	0–1	1–2	2–3	3–4	5–10	>10
Иркутская область	1	0	1	8	8	0
Камчатский край	0	2	3	12	3	0
Красноярский край	0	2	8	11	8	1
Магаданская область	0	2	2	3	5	0
Приморский край	0	7	5	9	4	0
Республика Бурятия	0	1	6	10	11	1
Республика Саха (Якутия)	0	0	3	14	25	3
Республика Тыва	0	1	0	2	0	0
Республика Хакасия	0	1	0	2	0	0
Сахалинская область	0	5	5	10	2	1
Хабаровский край	0	4	0	12	8	1
Чукотский автономный округ	0	0	1	1	3	0

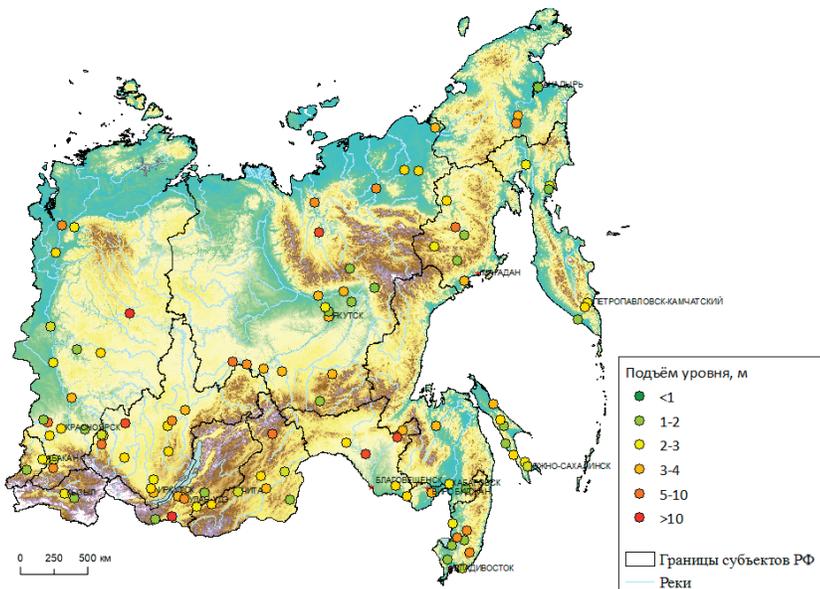


Рис. 1.1.3. Подъём уровней воды при наводнениях на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока

Продолжительность наводнений колеблется от 1 до 43 дней. Большинство наводнений длится от 3 до 10 суток (48% от общего числа) (табл. 1.1.4). На долю наводнений продолжительностью до 2 дней приходится 14%, от 11 до 20 дней — 14%, более 20 дней — 24% от общего числа (рис. 1.1.4). Наибольшее количество продолжительных наводнений происходит в Республике Саха (Якутия). Сахалинская область и Красноярский край отличаются наибольшим количеством кратковременных наводнений.

Таблица 1.1.4

Распределение количества наводнений по их продолжительности (в сутках) на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока

Продолжительность наводнений, сут.	0–2	3–5	5–10	10–15	15–20	>20
Общее число	42	53	97	41	4	73
Амурская область	1	3	8	3	0	10
Еврейская автономная область	2	3	9	3	0	10
Забайкальский край	1	3	8	2	0	6
Иркутская область	0	5	9	2	0	2
Камчатский край	4	6	7	1	1	1
Красноярский край	5	8	8	4	1	4
Магаданская область	2	1	3	2	1	3
Приморский край	6	9	5	4	0	1
Республика Бурятия	4	5	11	2	0	7
Республика Саха (Якутия)	1	0	14	11	0	19
Республика Тыва	2	0	1	0	0	0
Республика Хакасия	2	0	1	0	0	0
Сахалинская область	11	7	3	2	0	0
Хабаровский край	1	3	8	3	0	10
Чукотский автономный округ	0	0	2	2	1	0

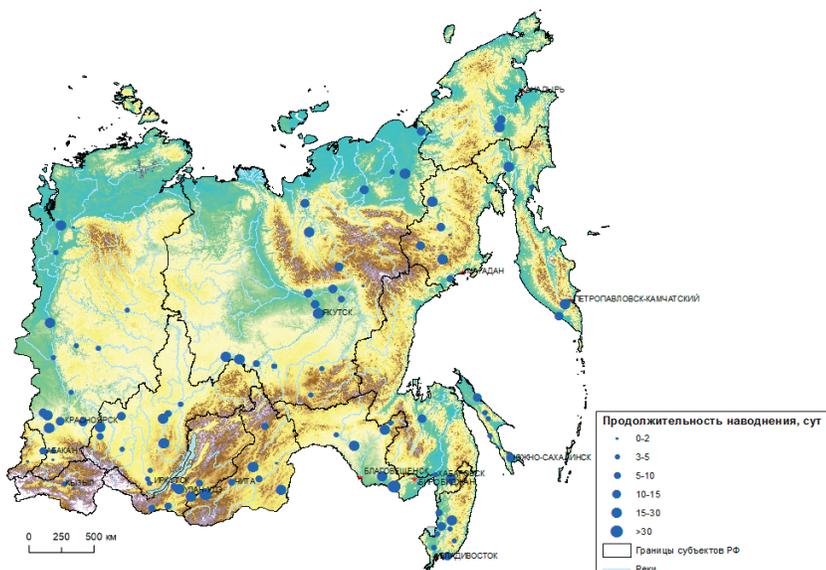


Рис. 1.1.4. Продолжительность наводнений на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока

По площадям затопления основная доля наводнений попадает в диапазон до 500 тыс. км². Площадь затопления более 500 тыс. км² наблюдалась во время наводнений: заторного типа со снеготаянием в мае 2013 г. в бассейне Колымы; заторного типа в мае 2012 г. в бассейне Лены. Максимальная площадь затопления (около 2,9 млн км²) отмечалась во время наводнения в мае 2001 г., когда затоплению подверглись территории в бассейнах Енисея, Ангары и Лены.

Для территории Восточной Сибири и Дальнего Востока наибольшее количество наводнений приходится на небольшие и средние (по 39%) классы опасности по социально-экономическому ущербу (Авакян, Истомина, 2002). К катастрофическим наводнениям можно отнести только 5% случаев. Причём катастрофические случаи происходили только в пяти регионах (Амурская область, Еврейская автономная область, Республика Бурятия, Республика Саха (Якутия) и Хабаровский край). Выдающихся наводне-

ний на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока не наблюдалось (рис. 1.1.5, табл. 1.1.5).

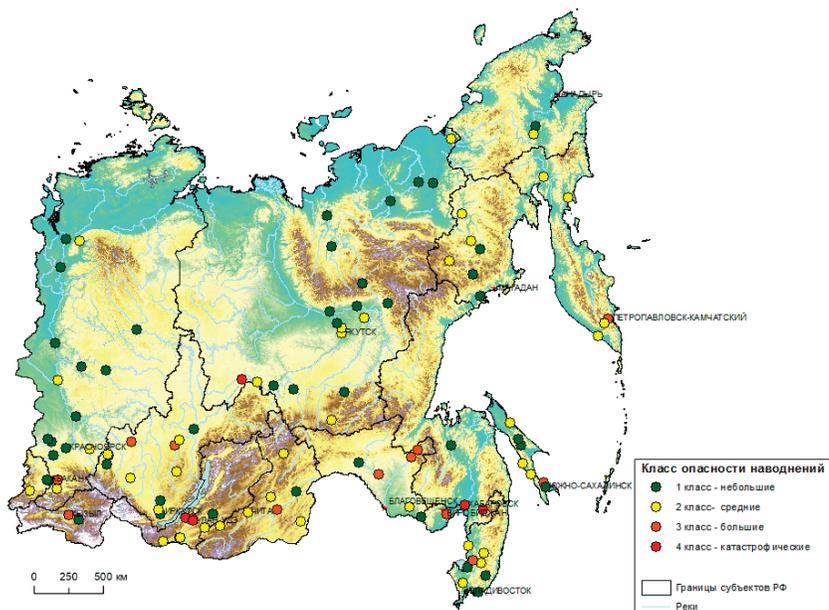


Рис. 1.1.5. Классы наводнений по социально-экономическому ущербу на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока (Авакян, Истомина, 2002)

Таблица 1.1.5

Распределение классов наводнений по социально-экономическому ущербу по территории Восточной Сибири и Дальнего Востока

	1 класс – небольшие	2 класс – средние	3 класс – большие	4 класс – катастрофические
Общее число	120	120	54	16
Амурская область	8	7	7	3
Еврейская автономная область	9	7	8	3
Забайкальский край	4	9	7	0

Продолжение таблицы 1.1.3

	1 класс – небольшие	2 класс – средние	3 класс – большие	4 класс – катастро- фические
Иркутская область	8	8	2	0
Камчатский край	7	10	3	0
Красноярский край	11	15	4	0
Магаданская область	7	5	0	0
Приморский край	10	8	7	0
Республика Бурятия	7	14	4	4
Республика Саха (Якутия)	21	20	1	3
Республика Тыва	2	0	1	0
Республика Хакасия	2	0	1	0
Сахалинская область	13	8	2	0
Хабаровский край	8	7	7	3
Чукотский автономный округ	3	2	0	0

Наибольший ущерб от наводнений наносится сельскому и коммунально-бытовому хозяйству Сибири — 30 и 25% от суммарной величины соответственно, далее следует ущерб промышленности (19%) и транспорту (18%). Ущерб частному имуществу граждан составляет около 8% (Таратунин, 2008). Эти соотношения меняются по областям и краям и зависят от уровня развития в них конкретных отраслей народного хозяйства.

Помимо ущерба, наводнения в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке вызывают человеческие жертвы. Так, за период 1985–2013 гг. в Сибири из-за наводнений погибло 86 человек. Максимальное количество жертв (18 человек) было во время наводнения в результате наложения дождевых паводков на снеготаяние в апреле — мае 2004 г. в бассейне верхнего Енисея. При заторном наводнении на Лене в мае — июне

1998 г. погибло 15 человек, при паводочном наводнении в июле 2001 г. в Иркутской области и Забайкалье — 11 человек.

Широкое развитие наводнений на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока создаёт угрозу для населения и хозяйства исследуемого региона, в том числе транспортным коммуникациям.

1.2 Геокриологические процессы

В Сибири и на Дальнем Востоке около 80 % территории — области с вечной мерзлотой, а с учётом глубокого сезонного промерзания в пределах всего этого обширного региона развиты различные геокриологические процессы, влияющие на строительство и эксплуатационную надёжность транспортных сетей. По совокупной протяжённости линейных техногенных систем (автомобильных, железных дорог, трубопроводов различного назначения и др.), возведённых в сложных климатических и мерзлотно-геологических условиях, Сибирь и Дальний Восток России не имеют себе равных в мире. В последние десятилетия отмечается активизация хозяйственного освоения региона, что неизбежно сопровождается развитием транспортной сети. Это требует оценки воздействия опасных геокриологических (криогенных) процессов на устойчивость существующих линейных техногенных систем (ЛТС) и на перспективные трассы. Особую актуальность эта проблема приобретает в связи с трендами к потеплению климата, когда увеличиваются глубины деятельного слоя (следовательно, зоны развития морозного пучения при зимнем промерзании грунтов) и когда повышается температура вечномёрзлых оснований автомобильных и железных дорог (снижаются прочностные характеристики мерзлоты). При этом в последние 25–30 лет на территории России наиболее заметно наблюдается потепление в Забайкалье, Якутии и других регионах Сибири (Доклад о климатических..., 2017), где в течение одного десятилетия повышение температуры воздуха составляло 0,6–1,4°С. В некоторых регионах (центральные районы

Красноярского края, большая часть Приморья, Сахалин и ряд других территорий) это приводит к снижению негативного воздействия геокриологических процессов: во-первых, уменьшается глубина сезонного промерзания грунтов и, таким образом, снижается опасное воздействие морозного пучения (при зимнем промерзании) на основания автомобильных и железных дорог; во-вторых, подавляется механизм криогенного выветривания грубообломочных подсыпок под дороги, т. к. падает контрастность (снижается амплитуда колебаний температуры) между летним отеплением и зимним охлаждением. Для подавляющей территории этого обширного региона, где существует вечная мерзлота, подобные тренды к потеплению климата приводят к активизации опасных криогенных процессов, прежде всего, т. н. «тёплого, нисходящего ряда» (Попов, 1967): термокараст, термоэрозия, солифлюкция и др. В целом, реакция вечной мерзлоты на потепление климата не «линейна» (Конищев, 2011), что связано с трансформацией ландшафтных условий, необходимостью значительных энергозатрат на фазовые переходы «лёд-вода», нарастанием почвенно-растительного покрова и др. В пределах линейных техногенных систем многие географические факторы (мохово-растительный покров, разрастающиеся кустарники и деревья, естественное сложение приповерхностных грунтов, обладающих относительно стабильной системой дренирования в сезонно-талом слое, и др.), препятствующие «умиранию» мерзлоты, отсутствуют или их значение сведено к минимуму, но при этом (потеплении климата) в основании дорог и на примыкающих территориях усиливается негативное действие криогенных процессов.

Широк спектр геокриологических процессов (Романовский, 1993; Основы геокриологии..., 1998; Титков, 2006; Romanovsky et al, 2010; Воскресенский, 2001; Кизяков, Лейбман, 2016; и др.), развивающихся на равнинных территориях, в пределах долинных комплексов, в горных странах криолитозоны. При техногенных воздействиях (строительство транспортных сетей и их эксплуатация), как правило, активизиру-

ются инженерно-криогенные процессы (Гребенец и др., 2003), не все из которых имеют природные аналоги и протекание которых идёт по схеме природных. При сооружении линейно-вытянутых объектов, имеющих насыпи, создаётся своеобразный физический (мерзлотный) барьер поверхностного и подземного стока воды, возможно развитие термокарста и термоэрозии, причём в пределах тех территорий, где ранее эти процессы практически отсутствовали (рис 1.2.1).



Рис. 1.2.1. Возникновение подтопления и активизация термокарста на участке строящейся железной дороги «Улак — Эльга», юг Якутии. Фото В. Исакова

Исследования существующих и потенциальных геокриологических опасностей для транспортной инфраструктуры в сибирских и дальневосточных регионах России позволили классифицировать мерзлотные процессы, выделив следующие основные группы, связанные с тем или иным направлением воздействия (Гребенец и др., 2003):

1) отепление вечной мерзлоты: воздействия (природные, техногенные), связанные с отепляющим эффектом на мёрзлые грунты, сопровождающиеся вытаиванием подземного льда и приводящие к деградации многолетнемерзлых толщ. К этой группе относятся термокарст (рис. 1.2.2), тепловые просадки (как результат термокарста), термоэрозия, термоабразия;



Рис. 1.2.2. Типичное термокарстовое озеро, Таймыр, север Красноярского края. Фото В. Гребенца

- 2) охлаждение вечномерзлых толщ, сопровождаемое многолетним (или сезонным) промерзанием талых горных пород или дополнительным льдовыделением в мёрзлых породах, способствующее развитию вечной мерзлоты или глубокому сезонному промерзанию. К этой группе относятся криогенное пучение, наледеобразование, морозобойное растрескивание с образованием полигонально-жильных структур;
- 3) гравитационная нестабильность: склоновые процессы различного генезиса, интенсивности и распространения — курумы, природные (рис. 1.2.3) или техногенные каменные глетчеры (рис. 1.2.4), солифлюкция, криоген-

ные оползни течения или скольжения, совокупность различных склоновых экзогенных (криогенных и не криогенных) процессов (рис. 1.2.5, рис. 1.2.6);



Рис. 1.2.3. Фрагмент природного каменного глетчера, смещающегося в сторону объектов инфраструктуры, север Красноярского края, отроги Хайералах (плато Путорана), Талнах. Фото В. Гребенца



Рис. 1.2.4. «Язык» (фронт) крупнейшего в мире техногенного каменного глетчера (отвала «Пост-1») в юго-западной промзоне г. Норильска. Фото В. Гребенца



Рис. 1.2.5. Разрушение путей для вагонеток на горе Шмидта (север Красноярского края, Норильский промрайон). Фото М. Иванова



Рис. 1.2.6. Деформация железнодорожного полотна при смещении обломочно-льдосодержащего грунта (север Красноярского края, Норильский промрайон). Фото В. Гребенца

4) специфические процессы: снижение несущей способности вечномёрзлых оснований (без их протаивания) при трендах к потеплению климата или при усилении техногенеза, активизация морозной деструкции (криогенного выветривания подсыпок автомобильных и железных дорог), техногенное засоление или подтопление участков прокладки транспортных систем и др.

Фактически все геокриологические процессы в той или иной степени воздействуют на условия строительства и режим эксплуатации автомобильных и железных дорог Восточной Сибири и Дальнего Востока. Однако, многие из них протекают относительно медленно (криогенный крип, криогенное выветривание и т. п.) или их возможное негативное воздействие на транспортные сети относительно просто (в инженерно-техническом плане) нейтрализуется при возведении трасс (солифлюкция, формирование пятен-медальонов и некоторые другие, влияющие на микрорельеф). Очевидно, что при развитии так называемой «быстрой солифлюкции» (Попов, 1967; Романовский, 1993), в современной интерпретации — криогенные оползни скольжения или течения (Лейбман, Кизяков, 2007), проектируемая трасса должна обходить опасные участки. Но эти участки весьма локализованы. Характерная особенность линейных техногенных систем — их непрерывность: невозможно прервать железную дорогу (или трубопровод) в пределах развития геокриологических процессов, а затем продолжить этот линейный объект далее, поэтому воздействие этих процессов неизбежно. Наш анализ показал, что необходимо оценивать опасности и риски для шести весьма распространённых процессов (или их групп): 1) движение курумов и каменных глетчеров; 2) наледеобразование; 3) термокарст; 4) термоэрозия и термоабразия берегов; 5) морозное пучение; 6) морозобойное растрескивание.

Опасные перемещения курумов и каменных глетчеров, широко распространённых от Алтае-Саянской горной системы до Чукотского нагорья, связаны с гравитационной

нестабильностью ледово-грунтовых масс на склонах, прежде всего, за счёт специфических свойств льда, обладающего при приложении нагрузок вязко-пластичным течением (Горбунов, Титков, 1984). Наледообразование (Путорана, Прибайкалье и Забайкалье, Сихотэ-Алинь и др. горные территории, особенно если в их пределах отмечается глубокое сезонное протаивание) связано с промерзанием оттаявших в тёплый период года водонасыщенных грунтов, прорывом под давлением нижних обводнённых горизонтов, для которых вечная мерзлота служит водоупором (Алексеев, 2007). Термокарст — вытаивание подземных льдов с опусканием дневной поверхности и с формированием, как правило, термокарстовых озёр (Фельдман, 1984; Баду, 2010) — наиболее распространённый в криолитозоне мерзлотный процесс, в том числе формирующий облик обширных равнин севера Таймыра и Приморских низменностей Якутии, других регионов (Региональная криолитология, 1989; Гумской, 2002). Термоэрозия или термоабразия мёрзлых льдистых берегов за счёт теплового и механического воздействия воды являются наиболее деструктивными процессами, вызывающими разрушение как природных литокриогенных систем, так и инфраструктуры (Воскресенский, 2001; Толманов и др., 2018; Lantuit et al, 2011). Морозное пучение грунтов фактически проявляется в двух видах: а) формирование бугров пучения разного генезиса (Баду, 2010), б) неравномерное «дыхание» промерзающего деятельного (сезонно-талого или сезонно-мёрзлого) слоя (Методы..., 2004). Последний вид морозного пучения развит повсеместно во всех районах Сибири и Дальнего Востока (за исключением водных пространств и участков выхода на поверхность скальных нетрещиноватых или слаботрещиноватых пород). Морозобойное растрескивание — один из самых распространённых экзогенных процессов в области вечной мерзлоты и сезонного промерзания; процесс активно проявляется при воздействии отрицательных значений температуры на отложения; криогенное (или морозобойное) растрески-

вание проявляется в различных породах (Романовский, 1993).

Негативное воздействие геокриологических условий на линейные техногенные системы в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке связано с особенностями геолого-географических условий, с технологией прокладки и эксплуатации автомобильных и железных дорог.

Самые северные регионы (а также частично — в центральных районах Красноярского края, в Приамурье) — равнинные территории, однако в пределах большей части Восточной Сибири и Дальнего Востока рельеф представлен в основном горными сооружениями, где широко развиты вечномёрзлые породы. Горная криолитозона имеет достаточно много специфических черт (Основы геокриологии..., 1998; Титков, 2006), усложняющих закономерности распространения мерзлоты и проявления геокриологических процессов по сравнению с равнинными условиями. Важнейшими из них являются состав отложений (преимущественно грубодисперсные и коренные породы), высокая мозаичность мерзлотных условий и сравнительно высокая скорость протекания криогенных и склоновых процессов; в то же время в пределах межгорных долин эти условия могут коренным образом отличаться от склонов и вершинных частей.

Характер и последствия воздействия техногенных сооружений на мёрзлые породы во многом определяются свойствами этих пород: их механическим составом, льдистостью, теплофизическими характеристиками, стойкостью к проявлениям криогенных и других экзогенных процессов. Вышеперечисленные свойства для горной криолитозоны Восточной Сибири и Дальнего Востока значительно различаются в зависимости от положения в рельефе, особенностей геологического строения, протекания процессов переноса вещества и т. д. Наблюдения в Норильском регионе (Вальковская терраса и плато Путорана) (Гребенец и др., 2019) показали, что отмечается сравнительно частое пересечение границ локальных зон денудации (водораздельных поверхностей),

транзита (склонов) и аккумуляции (долин), что увеличивает мозаичность свойств (криогенного строения, температуры) мёрзлых оснований и, безусловно, развитие тех или иных процессов (или их парагенетических комплексов).

Безусловно, геокриологические опасности для транспортной инфраструктуры имеют существенные различия в разных регионах. Ниже приведена оценка «угроз» для устойчивости и безопасной эксплуатации транспортных систем в регионах Восточной Сибири и Дальнего Востока РФ.

Красноярский край

Красноярский край — уникальный регион, протянувшийся от арктических тундр до степей южной Сибири, — отличается чрезвычайным разнообразием природных условий, развитой транспортной инфраструктурой в отдельных районах и перспективами создания новых путей коммуникаций. В крае актуальны проблемы с надёжной эксплуатацией существующих и с предполагаемым строительством автомобильных и железных дорог, аэропортов, трубопроводов, речных и морских портов.

С позиции оценки негативного воздействия мерзлотных процессов на устойчивость транспортных систем в крае можно выделить четыре основных региона: а) южные горные и предгорные территории Алтае-Саянской области с прерывистой горной криолитозоной; б) районы севернее и южнее Ачинско-Красноярско-Канской трассы, без вечной мерзлоты; в) среднесибирский район края (Туруханский район, Эвенкия, территории северного Приангарья); г) Таймыр с его горными массивами и особыми мерзлотно-грунтовыми условиями низменностей и обширных речных долин.

В южных горных районах развиты наледы, курумы, небольшие каменные глетчеры, впрочем, все эти процессы и образования имеют достаточно локальное распространение, в различные годы их активность весьма дифференцирована. Практически отсутствуют сведения о разрушениях, связанных с этими процессами, так же, как с термокарстом и

термоэрозией, которые встречаются фрагментарно, преимущественно в долинах небольших рек. В рыхлых отложениях долин и склонов развито морозное пучение сезонно-талых и сезонно-мёрзлых грунтов. Учитывая большие глубины деятельного слоя (1,5–2 м), этот процесс весьма опасен для устойчивости автомобильных и железных дорог. Весьма интенсивны процессы криогенной переработки (выветривания) естественных и техногенных обломочных грунтов.

Во втором регионе (вне криолитозоны), наиболее населённом и с наиболее развитой транспортной инфраструктурой, основной проблемой является неравномерное пучение грунтов сезонно-мёрзлого слоя, мощность которого достигает 1,5–2 м. Низменные и низкогорные территории этого региона покрыты с поверхности, в основном, супесчано-суглинистым материалом, обладающим в силу достаточного увлажнения высокой (исключения составляют скальные участки Енисейского кряжа, а также отдельные сильно заболоченные и заозёрные пространства левобережья Енисея). Площадь, поражённая негативным воздействием морозного пучения, составляет 75–95%. Морозное пучение активно проявляется в зоне Транссиба, что приводит к чрезвычайно частым и затратным работам по поддержанию состояния полотна в безопасном режиме эксплуатации.

В среднесибирском регионе (Туруханский район, Эвенкия, районы северного Приангарья), для которого характерна островная, прерывистая или «вялая» (высокотемпературная, относительно маломощная) мерзлота, отмечается весьма широкий спектр геокриологических опасностей. В условиях низменных территорий (долины крупных рек) и среднегорья (основная часть) транспортным системам угрожают термокарст, термоэрозия берегов на многочисленных реках и, безусловно, морозное пучение деятельного слоя. Характерно, что в нефтегазоносных районах (они находятся на ранних стадиях освоения) этого региона столкнулись с проблемами обеспечения устойчивости трубопроводов, автодорог, портовых сооружений и др. объектов,

что связано с быстрым (особенно при техногенных воздействиях и с учётом потепления климата) развитием деструктивных криогенных процессов. Повсеместно отмечены связанные с морозным пучением грунтов неравномерные деформации подсыпок под дороги, выпучивание надземных опор на Ванкорском месторождении, разрушение берегов при термоэрозии и др.

В рамках проекта РГО были проведены специальные экспедиционные исследования в Норильском промышленном районе (четвёртый регион Красноярского края), который, пожалуй, является модельным для всей криолитозоны Восточной Сибири и Дальнего Востока, т. к. здесь выявлен широкий спектр геокриологических опасностей, угрожающих транспортной инфраструктуре. Для Таймыра (горные системы Путорана, Бырранга, низменности равнин и речных долин) «присущи все геокриологические опасности»: наледы и морозобойное растрескивание, многолетнее и сезонное морозное пучение грунтов, движение курумов и каменных глетчеров, термоэрозия и термоабразия берегов, термокарст, криогенное выветривание (морозная деструкция).

Норильский промышленный район (регион интенсивного хозяйственного освоения с середины 1930-х годов) обладает сетью автомобильных и железных дорог, соединяющих города Норильск, Талнах, Кайеркан, Дудинку и ряд функционирующих или заброшенных поселков (Алыкель, Валёк, Медвежий ручей, Тундра и др.), а также десятки промышленных и других площадок (рудники, металлургические заводы, складские зоны, полигоны складирования отходов, угольные карьеры, туристические базы, рыбные заводы и др.). Протяжённость дорог различного назначения, класса и степени благоустройства составляет в настоящее время около 1,2 тыс. км. Состояние дорог различно, однако по причине суровых климатических и сложных мерзлотно-грунтовых условий существенно уменьшается срок надёжной эксплуатации, увеличиваются затраты на содержание и их ремонт.

Норильский промышленный район (НПР) расположен в горных и предгорных районах. Даже Вальковская озерно-аллювиальная равнина (обширная территория долин рек Норильская, Рыбная, Наледная, Щучья с их притоками), в пределах которой расположена большая часть промышленных и селитебных комплексов, имеет чрезвычайно расчленённый (западинно-грядовый) мезорельеф, связанный с активным развитием термокарста по сильно льдистым отложениям и наличием большого количества сегрегационно-инъекционных бугров пучения. Естественно, что солифлюкция разрушает различные грунтовые дороги, проявляется и на откосах основных трасс. В горах близ Талнаха на отдельные дороги надвигаются осыпи, они также попадают в зоны камнепадов. Разрушающее действие на ряд дорог произвели катастрофические перемещения крупнейшего в мире техногенного каменного глетчера на склоне горы Рудной в г. Норильске. Воздействие холода проявляется, прежде всего, в морозобойном растрескивании, активизирующемся при постоянной снегоуборке покрытия дорог.

Наледеобразование на дорогах происходит при прорывах водоводов, проходящих рядом с ними и выполненных надземным способом. В то же время, природно-техногенные наледи фиксируются в Кайеркане и Талнахе на дорогах, проложенных на склонах: в первые месяцы зимы за счёт регулярной уборки снега под полотном дорог идёт быстрое промерзание сезонно-талого слоя (СТС), создаётся своеобразный «мерзлотный порог», препятствующий дренированию грунтовых вод СТС с верхних отметок. Особую опасность представляет подобная наледь на одной из самых востребованных трасс, связывающих Талнах и рудники «Октябрьский», «Таймырский» и другие промзоны. Здесь наледь фактически постоянно существует (длиной до 120–150 м) в течение всей второй половины долгой зимы.

Несомненно, деформациям автомобильных и железных дорог в НПР способствует неравномерное пучение грунтов СТС при их промерзании; на многих дорогах фиксируются

пучины, в т. ч. за счёт выпучивания остатков опор, проложенных ранее для различных объектов, например, снесённых зданий, трубопроводов.

Безусловно, основную опасность для автомобильных и железных дорог НПР представляют процессы, связанные с отеплением мерзлоты или с вытаяванием подземных льдов и сильно льдистых отложений. Максимальное распространение подобных деформаций отмечается на Вальковской равнине, наиболее хозяйственно освоенной, а также в районе пос. Дудинка.

Весьма распространены волнообразные деформации на поверхности дорог, связанные, как правило, с вытаяванием повторно-жильных льдов в основаниях (рис. 1.2.7).



Рис. 1.2.7. Волнообразные равномерно распределённые деформации полотна трассы «Норильск — Алыкель» при вытаявании повторно-жильных льдов, объезд г. Кайеркана. 5.09.2017. Фото В. Гребенца

Максимальное распространение получили деформации откосов и самих дорог при развитии термокарста на примыкающих к дороге территориях (рис. 1.2.8).



Рис. 1.2.8. Деформации дороги к рекреационному комплексу «Валёк» при вытаивании подземных льдов в основании и развитии термокарста на примыкающих участках, Красноярский край, Норильский промрайон. Фото В. Толманова

Таким образом, деформации автомобильных и железных дорог в «модельном» Норильском промрайоне весьма значительны. Причинами таких деформаций являются как ряд определённых социально-экономических проблем, так и климатические (размыв паводковыми и дождевыми водами, суровая зима, прохладное и дождливое лето, тенденции к потеплению климата и увеличению снежности в регионе), но, главным образом, специфические геокриологические условия (большие территории с сильнольдистыми отложениями, участки с залеганием подземных льдов разного генезиса, активное развитие термокарста на территории и др.). Заметную роль в развитии деформаций дорог играет расчленённость рельефа, условия дренирования подземных вод, нерав-

номерность пучения-осадки грунтов сезонно-талого слоя, возникновение морозобойного растрескивания полотна дорог при регулярной очистке от снега и др.

Очевидно, что устойчивость транспортных коммуникаций и выбор новых трасс в Красноярском крае должны учитывать различные геокриологические опасности в их разнообразии, в т. ч. в региональном аспекте.

Иркутская область

С позиции оценки распространения геокриологических опасностей для транспортных коммуникаций в Иркутской области можно выделить три основных региона: а) южный, относящийся к Саянам, с горной криолитозоной; б) центральные регионы вдоль Транссиба, до Ангары, на территории которых отсутствует (или спорадически встречается на самых северных участках) вечная мерзлота; в) северные и северо-восточные районы с наличием вечно-мёрзлых пород.

Следует отметить, что для этих регионов характерно интенсивное развитие морозного пучения в деятельном (сезонно-мёрзлом или сезонно-талом) слое. С неравномерными деформациями при морозном пучении (и последующей неравномерной осадкой при оттаивании) связаны серьёзные проблемы в эксплуатации автомобильных и железных дорог, в том числе на Транссибе и западном участке БАМа.

Весьма активны процессы криогенного выветривания подсыпок под дороги, а также скальных и полускальных пород на примыкающих территориях. При таких ситуациях раздробленный материал служит подложкой для перемещения по склонам (курумы и др.).

Для южных «саянских» районов и северных частей Иркутской области характерно широкое развитие наледей, курумов и каменных глетчеров. Поражённость этими процессами территории в некоторых районах области достигает 7–10%. В Бодайбинском, Киренском и Ленском районах (север Иркутской области) широко развито морозобойное растрескивание, а также термокарст и термоэрозия берегов.

Республика Хакассия

В Хакассии вечномерзлые породы приурочены, преимущественно, к горным территориям, поэтому особо актуальна защита от «холодных» криогенных процессов. Наледи (например, в Таштыпском районе занимают около 5% площади, курумы и каменные глетчеры — до 25%), криогенные склоновые процессы, морозобойное растрескивание на высоких отметках рельефа заметно снижают надёжную эксплуатацию транспортных систем. В долинах и в предгорных районах развиваются термокарст, местами — термоэрозия берегов относительно небольших водотоков.

Безусловно, что для основной и наиболее заселённой территории республики основной проблемой является морозное пучение грунтов деятельного слоя, глубина которого может достигать 2 м. В условиях континентального климата и большой амплитуды колебания температуры воздуха по сезонам наблюдается весьма быстрое разрушение грубообломочных подсыпок под дороги.

Республика Тыва

Малозаселённая территория Республики Тыва обладает чрезвычайно слабым развитием транспортной инфраструктуры, поэтому здесь важно оценивать геокриологические проблемы с позиций потенциального освоения региона (строительство железной дороги до Кызыла, возможность прокладки трубопроводных систем в южные страны, создание современной, отвечающей требованиям XXI века автодорожной сети, соединяющей населённые пункты республики, и др.). Для региона характерна горная мерзлота, сплошная, достаточно низкотемпературная. Скальные или полускальные породы подвергаются в условиях резко континентального климата чрезвычайно активному криогенному раздроблению, в связи с чем грубообломочные подсыпки под дороги также будут быстро разрушаться за счёт воздействия криогенного выветривания. Территория отличается чрезвычайно большим развитием каменных глетчеров, курумов,

обвально-осыпных процессов. Например, в Сут-Хольмском, Пий-Хемском, Тоджинском и в некоторых других кожуунах этими процессами поражено не менее трети территории. Активность этих образований, а также термоабразии берегов, и редко встречающегося термокарста ограничена чрезвычайно высокой аридностью климата. Распространённые здесь шебёчно-глыбовые образования (продукт активного криогенного выветривания и морозобойного растрескивания) слабо сцементированы льдом. Их перемещение зачастую происходит подобно «обычным» обвально-осыпным процессам, что, однако, не снижает опасность для транспортных систем.

В районе Кызыла, в долине Верхнего Енисея, заметную опасность для транспортных коммуникаций представляет морозное пучение грунтов деятельного слоя, глубина которого может достигать 2–2,5 м, правда, относительно грубый состав отложений несколько «смягчает» это негативное воздействие.

Республика Саха (Якутия)

На огромной территории Республики Саха (Якутия), расположенной в зоне вечной мерзлоты, присутствует весь спектр опасных геокриологических процессов.

Развито морозное пучение грунтов сезонно-талого слоя. Наименьшая опасность от этого процесса отмечается в самых северных улусах и на арктических островах, где глубины сезонно-талого слоя относительно невелики, а также в скальных и полускальных массивах Анабара, горных хребтов южной и восточной частей республики. Максимально негативное воздействие этого процесса проявляется в относительно заселённых Хангаласском, Мирнинском и в ряде других улусов, где глубины сезонно-талого слоя могут достигать 1,5–2 м в грунтах дисперсного состава.

На территории республики с резко континентальным климатом чрезвычайно активно криогенное выветривание, как природных пород, так и техногенных подсыпок. Практически повсеместно развито морозобойное растрескивание, при

этом могут формироваться мощные синкриогенные (реже эпикриогенные) повторно-жильные льды, протаивание которых вызывает термокарст и другие «тёплые» процессы.

Приморские низменности Якутии — «царство» термокарста, поражённость им в некоторых северных и северо-восточных улусах достигает не менее трети территории. По берегам арктических морей сильнольдистые отложения подвергаются активной термоабразии, по некоторым сведениям, отступление берегов составляет от 3–5 до 20–30 м в год. Практически повсеместно развита термоабразия берегов (заметно меньше — в горных массивах юга и востока республики, практически отсутствует на Анабаре), Территория Республики Саха (Якутия) является районом широкого развития наледей разного генезиса (Момская речная наледь — крупнейшая в мире). При этом их высокая вариабельность (смена мест, огромные различия в размерах, объёмах в разные годы и др.) практически исключает корректность прогнозов их развития, существенно осложняет эксплуатацию автомобильных и железных дорог. Снижению устойчивости транспортных коммуникаций, особенно в южных и восточных регионах (в Оймяконском и Нерюнгринском улусах около 20% площади), способствуют активно перемещающиеся каменные глетчеры и курумы.

Республика Бурятия

Центральная часть Бурятии (Улан-Удэ, примыкающие районы) расположена в зоне, где вечная мерзлота отсутствует или встречается спорадически, приурочена к определённому типу местности. Для этих районов, где глубина деятельного слоя может достигать 2,5–3 м, основным опасным криогенным процессом является морозное пучение. Этот процесс проявляется на всей территории республики (за исключением территорий со скальными и полускальными массивами в горных системах).

В условиях резко континентального климата активно развивается криогенное выветривание пород, происходит

быстрое раздробление грубообломочных подсыпок в основаниях дорог. Для горных систем характерно развитие курумообразования, формирование каменных глетчеров, в северных регионах — наледообразование. Например, курумы, каменные глетчеры и обвально-осыпные склоны занимают не менее 30% территории Тункинского, Закаменского и Северо-Байкальского районов. Термокарст и термоэрозия приурочены, в основном, к поймам и долинам крупных рек, учитывая, что дорожные системы также прокладываются, в основном, по долинам рек, развитие подобных процессов увеличивает деформируемость транспортных коммуникаций. В связи с активными криогенными процессами, по разным оценкам, деформировано не менее 15% трассы БАМа, проходящей через северные районы Бурятии и Забайкальского края.

Забайкальский край

Регион отличается «пестротой» мерзлотных условий. На этой территории обширные таликовые зоны чередуются с мёрзлыми массивами. В связи с инверсией температуры в зимнее время во многих долинах существует вечная мерзлота, а окружающие их горные массивы — «немёрзлые». На этой территории прослеживаются в течение последних 30 лет максимальные на территории России тренды к повышению температуры наружного воздуха, что ведёт к деградации мерзлоты. Основные геокриологические проблемы: для северных горных массивов характерно широкое развитие наледей, курумов и каменных глетчеров (в Каларском районе подобные образования занимают около трети площади). В юго-восточных районах Забайкальского края наледи слабо развиты, но распространены интенсивное морозобойное растрескивание и криогенное выветривание. Термокарст и термоэрозия распространены в ограниченных масштабах и приурочены, как правило, к долинам крупных рек или межгорным котловинам.

Самыми распространёнными опасными криогенными процессами являются: наледообразование в северных райо-

нах, в т. ч. вдоль трассы БАМа, и неравномерное морозное пучение грунтов деятельного слоя, глубина которого может достигать 3,5–4 м, именно поэтому в регионе наблюдается максимальное в стране количество грунтовых наледей.

Амурская область

В зоне существования вечной мерзлоты (северные районы области) геокриологические опасности сходны с теми, которые отмечены для Забайкальского края, только термокарст имеет несколько большее распространение. На остальной территории области (вне криолитозоны) развивается сезонное морозное пучение грунтов деятельного слоя.

Еврейская автономная область

Угрозы для транспортных коммуникаций связаны с морозным пучением деятельного слоя, глубина которого может достигать 1,5–1,8 м. В Облученском районе в гористой местности в условиях прерывистой мерзлоты развиты курумы и каменные глетчеры.

Приморский край

В самом южном регионе Дальнего Востока снижение эксплуатационной надёжности транспортных систем связано с морозным пучением сезонно-мёрзлого слоя. Для равнинных и наиболее заселённых территорий края (южные и восточные районы) характерны тонкодисперсные поверхностные отложения, что, с учётом осадков осенью и высокой предзимней влажностью грунтов, приводит к чрезмерно активному развитию морозного пучения, вызывающему деформации дорожного полотна. В горных массивах Сихотэ-Алиня в условиях островной мерзлоты встречаются маломощные курумы, наледи, иногда в наиболее холодные зимы отмечается морозобойное растрескивание. Следует отметить, что при прокладке дорог в условиях «вялой» высокотемпературной островной мерзлоты существенно активизируются криогенные процессы при срезке грунтов.

Хабаровский край

Часть территории края (краевой центр Хабаровск и примыкающие районы) расположена вне криолитозоны. Здесь (как и в Еврейской АО) основные опасности для транспортных коммуникаций связаны с морозным пучением грунтов в достаточно глубоко промерзающем (до 1,5–2 м) зимой грунтовом слое. Морозное пучение развивается и при промерзании сезонно-талых грунтов в зоне развития вечной мерзлоты. За исключением северо-восточных районов (здесь отмечены наледи, курумы, морозобойное растрескивание) «холодные» процессы на остальных территориях с вечной мерзлотой не отличаются большой активностью. В речных долинах развивается термокарст: в Тугуро–Чумиканском, Охотском и Амурском районах им поражено 2–3% территории. Термоэрозия достаточно активна в северных регионах края. Определённую роль в снижении устойчивости транспортных систем играет криогенное выветривание материала подсыпок под дороги.

Сахалинская область

Для территории Сахалинской области основным опасным геокриологическим процессом является пучение при сезонном промерзании грунтов, глубина которого достигает 1–1,5 м. Неравномерное выпучивание и неравномерная последующая (при оттаивании) осадка грунтов вызывают деформации дорожного полотна. На севере острова на отдельных водотоках возникают наледи, которые иногда сохраняются в течение 2–3 лет.

Камчатский край

Вечная мерзлота характерна для высокогорных внутренних территорий полуострова и для его северных районов. Угрозу для транспортных систем представляют курумы и каменные глетчеры, весьма многочисленные наледи, на высоких абсолютных отметках проявляется морозобойное растрескивание. На равнинных территориях северо-запада края актив-

ны термокарст и термоэрозия. Повсеместно (кроме скальных и полускальных массивов) наблюдается морозное пучение грунтов деятельного слоя, с этим связаны деформации весьма малочисленных в регионе транспортных коммуникаций.

Магаданская область

Для территории г. Магадана и его окрестностей характерна прерывистая вечная мерзлота, однако более 90% территории области — зона сплошного развития вечномерзлых пород, в пределах которой весьма активны криогенные процессы. Курумы и каменные глетчеры активны на 15–25% территории (в зависимости от районов), причём при высокой степени расчленённости местности их подвижки весьма существенны. В горных массивах востока и северо-востока области очень широко распространены наледи различного генезиса. В долинах и котловинах формируются многолетние бугры пучения; к ним же приурочены термокарст и термоэрозия. Морозное пучение грунтов деятельного слоя также оказывает определённое влияние на дорожную сеть, однако в силу достаточно грубого состава отложений оно не является чрезмерным.

Чукотский автономный округ

Территория округа расположена в пределах сплошной вечной мерзлоты, представленной горной и равнинной криолитозоной. Регион отличается крайне неразвитой транспортной инфраструктурой, однако представляет определённый интерес в перспективе прокладки трассы на Аляску и выборе оптимальных маршрутов. В горных регионах весьма заметна активность курумообразования и формирования каменных глетчеров. На Чукотском нагорье эти процессы характерны для 5–7% территории. Наледи фиксируются на 2–5% площади этого массива. Практически повсеместно развито морозобойное растрескивание, что весьма негативно сказывается на состоянии взлётно-посадочных полос аэродромов. В сильнольдистых отложениях приморских равнин интен-

сивны термокарст, термоэрозия (прежде всего, по системам повторно-жильных льдов) и термоабразия берегов, особенно в прибрежных национальных посёлках (отступление суши до 5–15 м в год), что существенно снижает их шансы стать важными портами в связи с «реанимацией» судоходства по Севморпути. Морозное пучение грунтов сезонно-талого слоя вызывает некоторое снижение устойчивости объектов, однако не носит чрезвычайно деструктивного характера, т. к. для горных территорий характерен достаточно грубый состав отложений, а на равнинных участках мощность сезонно-талого слоя, при промерзании которого возникает пучение, относительно невелика.

При строительстве и эксплуатации транспортных коммуникаций Восточной Сибири и Дальнего Востока происходит активизация опасных геокриологических процессов, что, зачастую, обусловлено технологией работ и особенностями режима трассы. Например, опасность активизации наледеобразования связана, преимущественно, с долинами рек, участками выемок и водопропускными сооружениями. Усиление морозобойного растрескивания грунтов зачастую происходит на местах уничтожения торфяного покрова в пределах полосы техногенного воздействия вдоль трассы и, возможно, на оголённых бортах выемок. Это обусловлено увеличением амплитуд температур на поверхности грунтов, проникновением растрескивания в нижележащие слои пород. Зачастую по полигональным грунтовым структурам развивается термоэрозия.

В результате подрезки склонов на участках средних и нижних частей курумов их неактивные формы могут потерять устойчивость и прийти в движение; эти опасности часто наблюдаются в Забайкалье, а также в Саянах.

Техногенное изменение тепло- и массообмена через поверхность в системе «атмосфера — вечная мерзлота» провоцирует термокарст, что особенно ярко проявилось в Норильском регионе, а также в центральных и северных улусах Якутии.

Сочетание техногенных воздействий и изменяющихся климатических условий создаёт сложную, мозаичную картину в поведении мёрзлых толщ, в развитии криогенных процессов и их влиянии на автомобильные и железные дороги.

1.3 Снежные лавины

География снежных лавин определяется распространением необходимых условий лавинообразования — рельефа и снежного покрова (Лавиноопасные..., 1970). Образование снежных лавин возможно не только в горных районах, но и на крутых и высоких склонах речных и морских террас, в крупных крутых оврагах, а также на крышах домов.

Люди гибнут от снежных лавин в основном в населённых пунктах и на дорогах. В нашей стране в среднем ежегодно гибнет в снежных лавинах около 20–25 человек. Снежные лавины зачастую приводят к нарушению в движении автомобильного и железнодорожного транспорта. В Магаданской области, например, одной из вероятных причин простоя автомобильных дорог, которые являются единственным видом наземных коммуникаций в зимнее время, является сход лавин непосредственно на полотно дорог. Сход лавин здесь регистрируется ежегодно в течение всей зимы, т. е. с октября по май включительно (Булгаков, Шубин, 1989).

Геофизические характеристики снежных лавин (объём, средний за зиму объём, сила удара и др.) и их пространственно-временные параметры (густота лавиносборов на 1 км дна долины, количество лавиносборов на 1 км², повторяемость лавин и др.) различаются в разных районах и зависят от природных условий. Оценка степени активности (интенсивности) лавинной деятельности для Восточной Сибири и Дальнего Востока проведена по двум параметрам: повторяемости схода лавин и густоте лавиносборов на 1 погонный километр дна долины (рис. 1.3.1.). Степень активности характеризуется следующими параметрами: высокая степень активности — на 1 пог. км дна долины сходит более 5 лавин в год; сред-

няя — от 1 до 5 лавин в год; низкая — менее 1 лавины в год сходит на 1 пог. км дна долины.

Ниже будет охарактеризована лавинная деятельность по субъектам Восточной Сибири и Дальнего Востока.

Восточная Сибирь

Снежные лавины распространены в Восточной Сибири в горах Саян, Прибайкалья, Забайкалья, Бырранга, плато Путорана. Они встречаются в Иркутской области, Республиках Хакасия, Тыва, Бурятия, в Красноярском, Забайкальском краях (рис. 1.3.1).

Наиболее лавиноопасными участками на территории Восточной Сибири являются: 38 километров автодороги Красноярск — Госграница с 4 лавиноактивными зонами. Наиболее опасные участки: 600-й километр автодороги М-54 Красноярск — Кызыл — Госграница в районе Буйбинского перевала; 1,2 километра автодороги Курагино — Жаровск, между посёлком Бугуртак и деревней Жербатихой (Казырский лавиноопасный участок); железнодорожная магистраль Абакан — Тайшет на перегоне Ирба — Щетинкино в Курагинском районе. Кроме того, выделено 8 лавиноопасных участков в Норильско-Талнахском промышленном районе (Атлас природных..., 2009).

С 1925 года на территории Восточной Сибири зарегистрировано более 40 случаев схода катастрофических лавин, в которых погибло более 100 человек. Чаще всего люди погибали в снежных лавинах на территориях Иркутской области (51%) и Республики Бурятия (20%) (рис. 1.3.2.). В основном, в лавинах гибнут туристы и альпинисты (рис. 1.3.3.). Более 50% жертв от снежных лавин попадали в снежные лавины в марте.

Снежные лавины встречаются во всех субъектах Восточной Сибири. Характеристика лавинной деятельности по субъектам Восточной Сибири и Дальнего Востока дана на основе сведений, публикуемых на сайте «Снежные лавины России» и в монографии «География лавин» (1992).

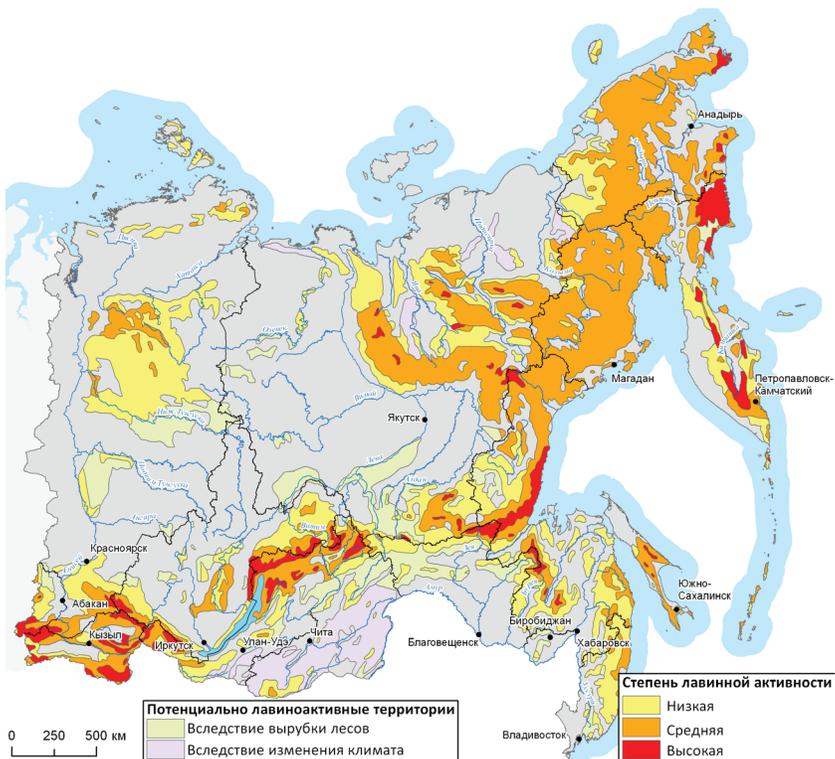


Рис. 1.3.1. Степень лавинной активности на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока (Атлас снежно-ледовых..., 1997).

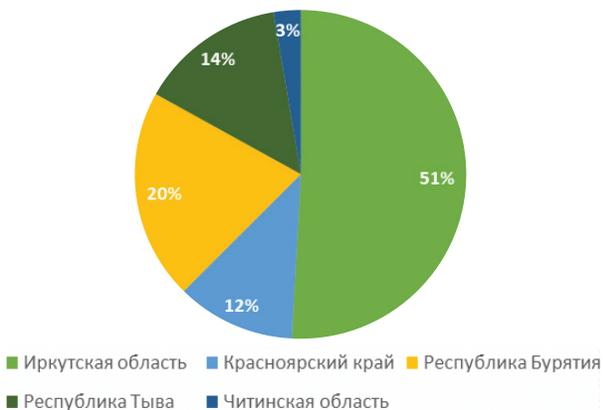


Рис. 1.3.2. Соотношение погибших от лавин по субъектам РФ



Рис. 1.3.3. Соотношение погибших от лавин по роду деятельности

Республика Хакасия

Значительной лавинной активностью характеризуются альпийская зона и верхняя, наиболее расчленённая часть среднегорной зоны Западного и Восточного Саян.

Густота лавиносборов в высокогорье достигает 8 на 1 км дна долины, а в низкогорье — менее 1 на 1 км дна долины.

Продолжительность лавиноактивного периода составляет около 180–200 дней (с ноября по апрель, в высокогорье — по май). Пик лавинной активности приходится на март — апрель, когда в основном образуются лавины снегопадов и весеннего снеготаяния. В декабре на незалеченных склонах возможно образование метелевых лавин. Объёмы снежных лавин изменяются в широких пределах. В низкогорных районах, с низкой степенью лавинной активности, они не превышают 5 тыс. м³, а в высокогорье могут достигать первых сотен тыс. м³.

На территории Республики Хакасия преобладают районы с низкой степенью лавинной активности (29% территории). Районы с высокой степенью лавинной активности занимают 16% территории республики. Районы со средней степенью лавинной активности занимают 15% территории. Потенциально лавиноактивные территории, где лавинная активность

может возникнуть вследствие вырубки лесов на склонах, занимают в Республике Хакасия 11% территории.

Республика Тыва

Основными горными хребтами, расположенными на территории Республики Тыва, являются Западный Саян (3000 м), Академика Обручева (2700 м), Западный (4000 м) и Восточный (2400 м), Танну-Ола и нагорье Сангилен (3300 м). Глубина расчленения рельефа достигает 1500–2000 м.

Густота лавиносборов — преимущественно от 1 до 5 на 1 км дна долины, и только на восточных склонах Шапталевского хребта и в Западном Саяне она превышает 5 лавиносборов на 1 км дна долины. Особенностью является преобладание лавинных очагов лоткового типа.

Продолжительность лавиноактивного периода в высокогорных районах — до 200–250 дней, в низкогорных районах — до 130–150 дней. Пик лавинной активности приходится на март — май, когда сходят лавины всех генетических типов. Из факторов лавинообразования преобладают снегопады, перекристаллизация снега и весеннее снеготаяние.

Повторяемость лавин в большей части территории Республики Тыва — от 0,1 до 1 лавины в год. Наибольшая повторяемость отмечается на Западном Саяне, хр. Академика Обручева и нагорье Сангилен.

Объём лавин в основном не превышает 10 тыс. м³. В горах Западного Саяна объёмы лавин могут достигать нескольких сот тысяч кубических метров.

На территории Республики Тыва преобладают районы со средней степенью лавинной активности, их площадь составляет 41% территории республики. Районы с высокой степенью лавинной активности приурочены к склонам Западного и Восточного Саяна, хр. Академика Обручева, их площадь составляет 26% территории. Площадь районов с низкой степенью лавинной активности занимает 10% территории. Нелавиноактивными являются Тоджинская и Тувинская котловины.

Республика Бурятия

Горные массивы Бурятии (хр. Хамар-Дабан и др.) в геоморфологическом отношении представляют собой низко- и средневысотные возрождённые горы, с наибольшими абсолютными высотами около 2000–2500 м. В большинстве своём склоны пологоволнистые, слаборасчленённые. Наиболее расчленёнными являются хребты Хамар-Дабан и Баргузинский. Густота лавиносборов сравнительно небольшая и в основном не превышает 2–3 на 1 км дна долины. Наибольшая густота лавиносборов отмечается в долинах рек хребтов Хамар-Дабан, Баргузинский, Северо-Муйский, где она достигает 5–8 лавиносборов на 1 км дна долины. Преобладающие углы наклона лавиносборов — 25–35°. Площадь лавиносборов в среднем составляет 10–15 га, но встречаются лавиносборы площадью до 200 га (Снежные лавины России).

Повторяемость схода снежных лавин на большей части лавиноактивной территории составляет менее 0,1 лавины в год. В лавиноактивных районах хр. Хамар-Дабан и на севере оз. Байкал повторяемость снежных лавин в среднем более 1 раза в год. В отдельных лавиносборах возможен сход снежных лавин до 3–7 раз за лавиноактивный период. Объёмы снежных лавин в среднем составляют 10–20 тыс. м³, наиболее часты снежные лавины с объёмом до 5 тыс. м³. В средне- и высокогорье возможны снежные лавины с объёмом до 300 тыс. м³.

Продолжительность лавиноактивного периода колеблется от 90 дней на востоке республики, в районах с низкой степенью лавинной активности, до 180 дней на западе и востоке в высокогорных районах с высокой степенью лавинной активности. В течение лавиноактивного периода (с октября по апрель — май) пик лавинной активности в районах с низкой и средней степенью лавинной активности приходится на апрель, а высокой — апрель — май. Преобладающими генетическими типами снежных лавин являются лавины из свежеснежного покрова и перекристаллизации снега. При этом первый тип лавин встречается в основном в ноябре — дека-

бре, апреле — мае, а второй — в январе — феврале. Лавины весеннего снеготаяния отмечаются в мае и имеют наибольшие объёмы среди всех вышеназванных генетических типов лавин, встречающихся на территории Бурятии.

На территории Республики Бурятия преобладают районы со средней степенью лавинной активности (23% территории). Районы с низкой степенью лавинной активности занимают 18% территории республики. Районы с высокой степенью лавинной активности занимают 11% территории. Потенциально лавиноактивные территории, где лавинная активность может возникнуть вследствие вырубки лесов на склонах, занимают в Республике Бурятия 7% территории. Потенциально лавиноактивные территории, где лавинная активность может возникнуть вследствие увеличения снежности (изменения климата), занимают в Республике Бурятия 6% территории.

Иркутская область

Лавиноактивные районы на территории Иркутской области приурочены к среднему течению реки Ангары и верховьям рек Тагул, Уда, Ия, Ока, Белая, Иркут и Лена.

Наиболее лавиноактивными являются склоны хребтов Тагульский, Бирюсинский, Шитский, Кропоткинский, Тункинские гольцы, Северо-Байкальское нагорье и Патомское нагорье. Здесь развита густая сеть эрозионных врезов, в которых ежегодно возможен сход снежных лавин.

Период лавинной активности составляет 90–120 дней, начиная с декабря-января по март. Пик лавинной активности отмечается в марте, при сходе лавин снегопадов и весеннего снеготаяния. К этому же периоду приурочен сход наиболее крупных лавин объёмом до 100 тыс. м³.

В среднем течении реки Ангары сход лавин отмечается не ежегодно, густота лавиносборов менее 1 на 1 км дна долины. Объёмы лавин не превышают 10 тыс. м³. Образование лавин вызывается снегопадами, с пиком в январе-феврале.

На территории Иркутской области преобладают районы с низкой степенью лавинной активности (18% территории).

Районы со средней степенью лавинной активности занимают 9% территории. Районы с высокой степенью лавинной активности занимают 3% территории. Потенциально лавиноактивные территории, где лавинная активность может возникнуть вследствие вырубки лесов на склонах, занимают в Иркутской области 4% территории.

Красноярский край

В пределах Красноярского края лавиноактивные районы приурочены к хребтам Крыжина, Эргак-Таргак-Тайга, Куртушибинский. Абсолютные высоты их — около 2000 м. Глубина расчленения достигает 300–500 м. Большинство склонов имеет крутизну до 30 градусов и залесены. Густота лавиносборов не превышает 5 на 1 км дна долины.

Продолжительность лавиноопасного периода достигает 150 дней. Сход снежных лавин в отдельных лавиносборах отмечается ежегодно, но в большинстве — 1 раз в 3–5 лет. Объёмы лавин редко превышают 20 тыс. м³. Пик лавинной деятельности приходится на март, когда активизируется циклоническая деятельность и наблюдаются снегопады с последующим весенним снеготаянием. Преобладающими генетическими типами лавин являются лавины снегопадов и весеннего снеготаяния (Снежные лавины России).

Также лавиноактивные районы располагаются на плато Путорана. Абсолютные высоты на плато Путорана достигают 1200–1500 м. Относительная высота — от 200 до 800 м. Густота лавиносборов не превышает 5 на 1 пог. км дна долины, на большей части лавиноактивной территории — менее 1 на 1 пог. км дна долины. Густота лавиносборов в северной части плато Путорана более 5 лавиносборов на 1 пог. км дна долины.

На плато Путорана наибольшие площади занимают районы с низкой степенью лавинной активности, и лишь центральные, наиболее высокие районы имеют среднюю степень активности. Повторяемость схода снежных лавин из одного лавиносбора — менее одной лавины за год. Объёмы

большинства снежных лавин не превышают 10 тыс. м³, максимальный объём может достигать 100 тыс. м³. Преобладание сильных ветров обуславливает значительный метелевый перенос, т. е. преобладание метелевых лавин. Пик лавинной деятельности приходится на декабрь — январь и апрель — май. Продолжительность лавиноопасного периода составляет 250–280 дней.

Лавиноактивными районами также являются горы Бырранга, которые в лавинном отношении изучены крайне слабо. В горах Бырранга встречаются районы с низкой и средней степенью лавинной активности. Повторяемость схода снежных лавин в большинстве лавиносборов — менее 1 раза в год. Объёмы лавин редко превышают 10 тыс. м³. Продолжительность лавиноактивного периода не превышает 90–150 дней, хотя снежный покров залегает до 330 дней. Снежные лавины имеют два периода схода: ноябрь–декабрь (не ежегодно) и май–июнь. Преобладающими генетическими типами лавин являются метелевые лавины и весеннего снеготаяния.

На территории Красноярского края преобладают районы с низкой степенью лавинной активности, которые занимают 18% территории. Районы со средней степенью лавинной активности занимают 4% территории. Районы с высокой степенью лавинной активности занимают всего лишь около 0,3%. Потенциально лавиноактивные территории, где лавинная активность может возникнуть вследствие вырубки лесов на склонах, занимают в Красноярском крае 6% территории.

Дальний Восток

На Дальнем Востоке лавинная активность наиболее характерна для горных территорий Камчатки, Сахалина, Магаданской области и Хабаровского края, в то же время снежные лавины могут образовываться во всех субъектах Дальневосточного федерального округа. На территории Северо-Востока России (Республика Саха (Якутия), Магаданская область и Чукотский автономный округ) возможны случаи массового лавинообразования на значительных территориях. К приме-

ру, в конце апреля 1988 г. сход лавин произошёл практически одновременно на пространстве от побережья Охотского моря в районе Магадана до Среднекана. Объёмы снежных лавин достигали нескольких десятков тысяч кубических метров. По причине слабой заселённости территории региона снежные лавины здесь крайне редко принимают характер стихийного бедствия.

Республика Саха (Якутия), Магаданская область, Чукотский автономный округ

Северо-Восток России, территория которого превышает по площади треть Европы, в значительной мере покрыт горами. В Якутии горные районы составляют около 16% всей территории (около полумиллиона квадратных километров); в Магаданской области и на Чукотке они занимают около 80% всей площади.

Сочетание рельефа и климата формирует условия для развития в регионе снежных лавин. По сравнению со многими горными регионами лавины здесь чаще всего невелики по объёму и имеют относительно редкую повторяемость. Однако, только слабая заселённость региона является причиной того, что их обрушения крайне редко принимают катастрофический характер. Наиболее подвержены действию лавин автодороги региона. Здесь на склонах, расположенных в непосредственной близости от автодорог, ежегодно регистрируется в среднем около 200 лавин, причём в 30–40% случаев лавины сходят на дорожное полотно. Лавиноактивные склоны находятся в непосредственной близости от многих населённых пунктов. В зоне действия лавин находятся линии связи и электропередач, нефтепроводы, горнолыжные склоны.

В малоснежных континентальных районах происходит сильная перекристаллизация снежной толщи. Возможен сход лавин длительного развития в результате ослабления внутренних связей. В других случаях лавины образуются в период продолжительных снегопадов или во время редких общих метелей.

В зоне повышенной снежности — обрамлении Сеймчано-Буюндинской впадины — продолжительные перерывы между снегопадами способствуют значительному оседанию снежной толщи, и, несмотря на значительную толщину снежного покрова, условия для лавинообразования создаются редко — 1 раз в 5–10 лет во время снегопадов интенсивностью более 10 мм за сутки.

Зона прибрежных хребтов Колымского нагорья характеризуется интенсивным метелевым переносом и оттепелями при значительных осадках. Наиболее вероятен сход лавин во время общих метелей. Частота схода — около 1 раза в год.

На побережье Охотского и Берингова моря плотность снежного покрова существенно выше, чем в других районах. На подветренных склонах, иногда на всем протяжении морской террасы, формируются мощные снежные карнизы, обрушения которых приводят к вовлечению в движение залегающих ниже по склону снежных масс.

Высотный диапазон действия лавин — от уровня моря до отметок самых высоких вершин гор. Сход первых лавин случается уже в конце сентября. А во второй декаде октября лавинообразование может охватывать значительные территории. Максимальная продолжительность лавиноактивного периода составляет 180–230 дней. Лавиноопасный сезон завершается чаще всего в мае. В некоторых районах сезон лавинообразования может продолжаться до середины лета.

Максимум лавинной активности на всей территории Магаданской области отмечается в январе — в этом месяце зарегистрировано наибольшее количество лавин (около 30%), что связано с активизацией циклонической деятельности. В Якутии, напротив, январь (и декабрь) являются наименее лавиноактивным периодом зимнего сезона. А максимум лавинной активности сдвигается на апрель-май. Ежегодно в результате адвекции тёплого воздуха и инсоляции во второй половине мая здесь происходит массовый сход мокрых лавин.

Генезис лавин имеет чаще всего комбинированный характер. В начале зимнего периода сходят лавины свежавыпавшие-

го или метелевого снега (в узкой полосе побережья Охотского моря они образуются на протяжении всей зимы), в дальнейшем существенную роль в процессе лавинообразования играют процессы перекристаллизации снежной толщи. Сход смешанных лавин начинается в ноябре, когда в приземном слое образуется глубинная изморозь. Весной (апрель — май) и, реже, осенью отмечается сход адвекционных и инсоляционных лавин. Образование инсоляционных лавин характерно для относительно высоких гор при условии достаточно значительной толщины снежного покрова на склонах.

Наибольшее количество зарегистрированных лавин имеет объёмы 0,1–0,5 тыс. м³ — 34% от общего количества. Лавины объёмом более 5 тыс. м³ отмечаются ежегодно. Сходы более крупных лавин редки. Крупнейшие в регионе лавины — объёмом 80 тыс. м³ — обрушились в январе 1979 г. на 77 км Среднеканской и 8 февраля 1985 г. на 172 км Омсукчанской автодорог. Длина пробега лавин при этом достигала соответственно 1000 и 300 м.

На территории Республики Саха (Якутия) преобладают районы со средней степенью лавинной активности, которые занимают 13% территории. Районы с низкой степенью лавинной активности занимают 11% территории. Районы с высокой степенью лавинной активности занимают около 1% территории. Потенциально лавиноактивные территории, где лавинная активность может возникнуть вследствие вырубки лесов на склонах, занимают в Республике Саха (Якутия) 6% территории. Потенциально лавиноактивные территории, где лавинная активность может возникнуть вследствие увеличения снежности (изменения климата), занимают в Республике Саха (Якутия) 2% территории.

На территории Магаданской области преобладают районы со средней степенью лавинной активности (82% территории). Районы с низкой степенью лавинной активности занимают около 2% территории.

На территории Чукотского автономного округа преобладают районы со средней степенью лавинной активно-

сти (54% территории). Районы с низкой степенью лавинной активности занимают 12% территории. Районы с высокой степенью лавинной активности занимают около 2% территории.

Забайкальский край

В рельефе Забайкальского края можно выделить горные системы Станового нагорья (хребты Кодар, 3000 м; Удокан, 2500 м), Яблонный хребет (1700 м), хр. Черского (1650 м), Олекминский Становик (1900 м), Борщовочный хребет (1500 м), Нерчинский хребет (1500 м).

Густота лавиносборов различна. Наибольшая величина отмечается на склонах хребтов Кодар, Удокан — до 10–15 лавиносборов на 1 км дна долины. Значительно меньшая густота лавиносборов (менее 1 на 1 км дна долины) отмечается в Яблонном хребте, хр. Черского, Олекминском Становике, Борщовочном и Нерчинском хребтах.

Продолжительность лавиноактивного периода — 140–180 дней, с пиком лавинной активности в апреле (хр. Удокан, Кодар). В других, более южных районах Забайкальского края продолжительность лавиноактивного периода редко превышает 30 дней, что объясняется малой высотой снежного покрова. Основными генетическими типами лавин являются лавины снегопадов, перекристаллизации снега и весеннего снеготаяния.

Повторяемость лавин мала, в основном менее 1 лавины в 10 лет, и лишь на склонах хребтов Удокан, Кодар возможен сход более 1 лавины в год из одного лавиносбора. В отдельных лавиносборах до 10–20 лавин (География лавин, 1992).

Наиболее часто встречающийся на территории Забайкальского края объем лавин — менее 10 тыс. м³. Предельные объемы лавин могут достигать значений 200–300 тыс. м³ в лавиносборах, расположенных на склонах хребтов Кодар и Удокан (Снежные лавины России).

На территории Забайкальского края преобладают районы с низкой степенью лавинной активности (12% территории). Средне- и высокогорья хребтов Удокан и Кодар относятся

к районам со средней и высокой степенью лавинной активности. Районы с высокой степенью лавинной активности занимают около 2% территории, а районы со средней степенью лавинной активности — около 6% территории Забайкальского края.

Особенностью лавинной деятельности Забайкальского края является большая залесённость потенциально лавиноопасных территорий, а также малая снежность южной части области. Вырубка лесов и увеличение снежности в результате климатических изменений будут способствовать усилению лавинной активности. Потенциально лавиноактивные территории, где лавинная активность может возникнуть вследствие вырубки лесов на склонах, находятся в Забайкальском и Приаргунском районах. Они занимают около 13% территории Забайкальского края. Потенциально лавиноактивные территории, где лавинная активность может возникнуть вследствие увеличения снежности (изменения климата), занимают около 50% территории Забайкальского края.

Камчатский край

Рельеф и снежность большей части полуострова Камчатка благоприятны для формирования снежных лавин. Помимо горных склонов образование снежных лавин возможно на крутых обрывах морских террас.

На севере Камчатского края лавиноактивные районы приурочены к хребтам Ичигемскому, Пенжинскому, Ветвейскому и северной части Срединного хребта. Густота лавиносборов составляет 2–3 лавиносбора на 1 км дна долины, а в районе Ветвейского хребта превышает 5 лавиносборов на 1 км дна долины. Лавинные очаги представлены карами, денудационными воронками.

Прибрежная полоса и предгорья Ветвейского хребта представляют собой низкогорья, где отмечена густая сеть средних по мощности лавин. Северное и западное побережья Пенжинской губы представляют глубоко расчленённые нагорья и плато. Объёмы лавин не превышают 10–20 тыс. м³. Пик

лавинной активности приходится на апрель, при её продолжительности около 180–200 дней.

Преобладающим генетическим типом лавин во внутриконтинентальных районах Камчатского края являются лавины перекристаллизации снега, в прибрежных районах — метелевые лавины и лавины весеннего снеготаяния. Продолжительность лавиноопасного периода изменяется от 90–150 дней до 200–220 дней. Наибольшая продолжительность отмечается в прибрежных высокогорных районах. Здесь же отмечена наибольшая повторяемость снежных лавин. В некоторых лавиносборах возможен сход снежных лавин до нескольких раз за зимний период (География лавин, 1992).

Частые, обильные снегопады (до 1,5 м слоя снега за 1 сутки), сопровождающиеся метелями, обуславливают преобладание лавин из свежевыпавшего снега и метелевых лавин (до 70%). В апреле доминируют лавины снеготаяния. Мокрые лавины могут сходить в центральной и южной части полуострова во время продолжительных оттепелей при вторжении южных циклонов в зимние месяцы.

Максимальная повторяемость лавин (более 10 из одного лавинного очага в 10 лет и до 3–4 лавин в год) отмечается в районе высочайших вершин Срединного и Восточного хребтов, а также вулканов Кроноцкий и Мутновский. В юго-западной части Срединного хребта за десятилетие сходит от 1 до 10 лавин из одного лавиносбора. В остальной части полуострова в лавиносборах сходит в среднем менее 1 лавины в 10 лет.

Крупнейшие лавины на Камчатке зарегистрированы в последнее десятилетие специалистами Камчатского противолавинного центра. 17 января 1994 г. лавина со склона вулкана Вилючинского в бассейне р. Паратунка имела объём 2,9 млн м³ и длину пробега 5500 м. Такой же объём лавины был зарегистрирован здесь же в 1989 г. Общий объём разделившейся на 3 языка лавины, сошедшей с вулкана Козельский (Авачинская группа вулканов) 28 января, оценён в 3,8 млн м³ при максимальной дальности выброса 6500 м.

На территории Камчатского края преобладают районы со средней степенью лавинной активности (26% территории). Районы с низкой степенью лавинной активности занимают 18% территории. Районы с высокой степенью лавинной активности занимают 16% территории. Потенциально лавиноактивные территории, где лавинная активность может возникнуть вследствие вырубки лесов на склонах, занимают около 2% территории Камчатского края.

Сахалинская область

Рельеф Сахалина низкогорный и среднегорный. Несмотря на то, что абсолютные высоты зон отрыва лавин на о. Сахалин незначительны и составляют 20–1600 м, а глубина расчленения рельефа составляет 20–1000 м, с большими уклонами (35–45°), но в сочетании с высокой снежностью и интенсивным выпадением осадков (зарегистрированные максимумы осадков: за снегопад около 350 мм; суточный максимум — 127 мм, часовой — 43 мм) и сильной перекристаллизацией снежного покрова всё это создаёт условия для формирования лавин больших объёмов (более 100 тыс. м³). Зафиксированный третьего января 1991 г. максимальный объём снежной лавины в Восточно-Сахалинских горах оценивался в 1,4 млн м³.

Повторяемость схода снежных лавин в отдельных лавиноборах изменяется от 1 раза в 10 лет до ежегодного схода.

Лавиноактивный период в Сахалинской области длится от пяти месяцев в прибрежной части Южного Сахалина до восьми месяцев в горной части Среднего Сахалина.

Основной ущерб от лавин заключается в завалах автомобильных и железных дорог, разрушениях и повреждениях частных жилых домов, муниципальных зданий, промышленных и хозяйственных объектов. В Сахалинской области происходили лавинные катастрофы, в которых погибали десятки человек.

По степени поражённости населения, объектов жилого фонда, хозяйственных и промышленных объектов и объектов

инфраструктуры территория Сахалинской области является одним из самых лавиноопасных регионов России (Qui, 2014). В лавиноактивных зонах расположены 47 населённых пунктов Сахалинской области и более 500 км транспортных магистралей, включая автомобильные и железные дороги. В зонах лавинной активности проживает и работает более 100 тысяч человек.

На территории Сахалинской области преобладают районы с высокой степенью лавинной активности. Снежные лавины могут образовываться на территориях всех муниципальных образований области.

Хабаровский край

Огромная территория Хабаровского края определяет различные условия лавинообразования в её северной, центральной и южной частях. Основными хребтами являются: Сунтар-Хаята (2500 м), Джугджур (1900 м) в северной части, Становой (2400 м), Майский (2100 м), Джагды (1800 м) в центральной части, Буреинский (2100 м), Баджальский (2600 м) и Сихотэ-Алинь (2100 м) в южной части. Относительная высота хребтов колеблется от 200 до 800 м. Крутизна склонов — от 15° до 40°. Основными формами лавинных очагов являются деформированные кары, денудационные воронки, эрозионные врезы. Наибольшая густота лавиносборов отмечается на хр. Джугджур (до 10–11 лавиносборов на 1 км дна долины), наименьшая на Сихотэ-Алине — до 3 лавиносборов на 1 км дна долины (География лавин, 1992).

Различия в климатических условиях определяют отличие в лавинном режиме в различных частях Хабаровского края.

На хр. Сунтар-Хаята, Джугджур, Становом основными генетическими типами лавин являются лавины снегопадов и метелевые, а на Буреинском, Баджальском и Сихотэ-Алинь — преимущественно лавины снегопадов и весеннего снеготаяния.

Продолжительность лавиноактивного периода изменяется от 90–150 дней на склонах хр. Сунтар-Хаята, Джугджур,

Становом и верхних отметках Сихотэ-Алиня до 30–90 на Буреинском, Баджальском хребтах и нижних частях Сихотэ-Алиня.

Наибольшая повторяемость лавин (более 1 лавины в год из лавиносбора) отмечается на хр. Джугджур, верхних отметках Буреинского и Байджальского хребтов. В среднегорье хребтов Сунтар-Хаята, Станового, Буреинского, Баджальского и Сихотэ-Алиня преобладает повторяемость схода лавин от 1 до 10 раз в 10 лет. На остальной части Хабаровского края повторяемость лавин — менее 1 лавины в 10 лет.

По территории наиболее часто встречаются объёмы лавин менее 10 тыс. м³, и лишь в Джугджуре, на Становом хребте, а также на приводораздельных участках Буреинского и Баджальского хребтов возможны снежные лавины объёмом до 50–70 тыс. м³.

На территории Хабаровского края наиболее лавиноактивными территориями являются среднегорья и высокогорья хр. Джугджур. Склоны хребтов Становой, Буреинский в основном относятся к районам со средней степенью лавинной активности. Низкогорья Буреинского, Баджальского и Сихотэ-Алиня относятся к районам с низкой степенью лавинной активности.

Большая часть территории Хабаровского края характеризуется районами с низкой степенью лавинной активности (30% территории). Районы со средней степенью лавинной активности занимают 27% территории. Районы с высокой степенью лавинной активности занимают 6% территории. Потенциально лавиноактивные территории, где лавинная активность может возникнуть вследствие вырубki лесов на склонах, занимают около 3% территории Хабаровского края.

Приморский край

Лавиноактивные районы в пределах Приморского края встречаются на склонах хребта Сихотэ-Алинь. Абсолютные высоты его достигают 1800–1900 м. Крутизна склонов — от 20 до 40°. В большинстве горных долин густота лавинос-

боров менее 1 на 1 км дна долины, и лишь на восточных прибрежных склонах хр. Сихотэ-Алинь она достигает значений 3–5 на 1 км дна долины.

Климат зимы мягкий, что определяется частыми вторжениями циклонов из Японского моря. Распределение выпадения осадков в течение зимнего периода равномерное. Максимальные величины наблюдаются в марте. В течение зимнего периода довольно часты обильные снегопады, интенсивные метели и глубокие оттепели. Такие условия благоприятны для частой повторяемости лавиноопасных ситуаций до 20–30 дней ежегодно. Наиболее часто лавиноопасные ситуации связаны с обильными снегопадами и интенсивными метелями.

Средняя многолетняя повторяемость лавин в лавиносборе средней интенсивности в основном менее 1 раза в 10 лет. Продолжительность лавиноактивного периода — до 90 дней, с пиком лавинной активности в январе — марте в зависимости от характера и интенсивности выпадения осадков в течение холодного периода. Объёмы лавин невелики. На большей части лавиноактивной территории встречаются лавины объёмом менее 10 тыс. м³, и лишь некоторые из них в пригребневых участках центральной части Сихотэ-Алиня могут достигать 30–50 тыс. м³.

На территории Приморского края районы с высокой степенью лавинной активности отсутствуют. Большую часть территории (42%) занимают районы с низкой степенью лавинной активности. Лишь верховья рек Бикин и Самарги относятся к районам со средней лавинной активностью. Их площадь составляет около 10% территории. Потенциально лавиноактивные территории, где лавинная активность может возникнуть вследствие вырубки лесов на склонах, занимают около 8% территории Приморского края.

Амурская область

Лавиноактивные районы на территории Амурской области приурочены к верховьям рек Селемджи, Зеи, Ток, Ульма,

Томь, Буря, а также к склонам хребтов вдоль р. Нюкжа. Абсолютные высоты хребтов Джугды, Тукурингра, Соктахан, Джагды, Селемджинский редко превышают 2000 м. Крутизна склонов достигает 25–40°. Характерными формами лавинных очагов являются кары, цирки (в верховьях р. Зея и Селемджа), эрозионные врезы (верховья рек Ток, Увал, Томь). Густота лавиносборов в верховье р. Селемджа — до 12 лавиносборов на 1 км дна долины, в верховьях р. Зеи — 4 на 1 км дна долины. Высотные пределы действия лавин — от 800 до 2200 м.

Климатические условия лавинообразования складываются под влиянием сибирского антициклона. Температура воздуха в январе в горных районах колеблется в пределах 25–30°. Количество твёрдых осадков составляет 200–300 мм. Продолжительность залегания снежного покрова — 200–250 дней, но высота его незначительна — 60–80 см, а в многоснежные зимы — до 150 см. Выпадение осадков наблюдается в основном в первые и последние месяцы зимнего периода — октябре-ноябре и марте-апреле соответственно.

Такой характер выпадения осадков способствует образованию лавин свежавыпавшего снега в декабре и марте, причём в первом случае сходят лавины из сухого снега, а во втором — мокрого. В январе-феврале в верховьях р. Зеи и в долинах р. Нюкжа возможно образование лавин перекристаллизации снега.

В низкогорье продолжительность лавиноактивного периода не превышает 30–40 дней, и лишь в высокогорной части Станового, Селемджинского хребтов продолжительность лавиноактивного периода достигает 90–150 дней. Повторяемость лавин при этом мала — менее 1 лавины в год. Из-за малой высоты снежного покрова объёмы лавин также не велики — до 10 тыс. м³, и лишь в верховьях р. Зеи и Селемджи они могут достигать 50–100 тыс. м³.

На территории Амурской области преобладают районы с низкой степенью лавинной активности (18% территории).

Районы со средней степенью лавинной активности занимают около 3% территории. Районы с высокой степенью лавинной активности занимают около 4% территории. Потенциально лавиноактивные территории, где лавинная активность может возникнуть вследствие вырубки лесов на склонах, занимают около 23% территории Амурской области.

Еврейская автономная область

Наивысшей точкой Еврейской автономной области является гора Студенческая, с отметкой 1421 м, расположенная на крайнем севере области. На севере области абсолютные высоты горных массивов достигают 1100–1400 м, относительные высоты — 200–300 м. Углы наклона склонов редко достигают 30°. Склоны по большей части залесены древесной растительностью.

Островные горы, протянувшиеся через центральные равнины области, представлены горными массивами Ульдуры, Даур, Большие Чурки, имеющими абсолютные высоты до 750 м. Углы наклона склонов редко превышают 20° и только в привершинных частях хребтов они могут увеличиваться на отдельных участках до 25°. Склоны полностью залесены.

Климатические условия характеризуются низкими температурами воздуха в январе (-25°C), продолжительностью отрицательных температур воздуха 166 дней. Среднее многолетнее количество осадков за холодный период — 85 мм. Устойчивый снежный покров образуется во второй декаде ноября и разрушается в конце марта. Средняя многолетняя высота снежного покрова не превышает 30 см (м/с Бира), в горных районах она может достигать 40–50 см.

Общая площадь лавиноактивных территорий не превышает 5%. Она характеризуется низкой степенью активности снежных лавин, что связано с наличием невысоких гор, их практически полной залесённостью и малой высотой снежного покрова. Снежные лавины сходят реже 1 раза в 10 лет. Продолжительность лавиноактивного периода не более 60 дней. Пик лавинной активности приходится на март. Пре-

обладающими генетическими типами лавин являются лавины свежеснеговывающего снега и весеннего снеготаяния. Объёмы лавин не превышают 10 тыс. м³. Около 10% территории Еврейской автономной области относятся к районам с потенциальной лавинной активностью, которая может активизироваться вследствие сведения леса в потенциальных лавинных очагах (Снежные лавины России).

1.4 Селевые потоки

Селевая деятельность на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока отмечается во всех субъектах, кроме Еврейской автономной области и на незначительных по площади районах Амурской области.

По условиям формирования селевых потоков вся территория Восточной Сибири и Дальнего Востока делится на холодную и тёплую зоны (Перов, 2012). К холодной зоне относятся Верхоянский хребет, нагорье Черского, Сунтар-Хаята, горы бассейна реки Колыма и Чукотки, Путорана, Корякский хребет, Бырранга и Арктические острова. К тёплой зоне относятся территории Восточного Саяна, Хамар-Дабан, горы Забайкалья (юг) и Приамурья, Сихотэ-Алинь, горы о-ва Сахалин, Джугджур и Камчатка.

На формирование селевых потоков в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке помимо орографических, геоморфологических, литологических и геоботанических факторов существенное влияние оказывают сейсмический фактор, наличие многолетнемерзлых пород, а также на востоке территории вулканическая деятельность. Другой особенностью образования селевых потоков является их формирование на склонах морских террас в пределах Сахалинской области (Рыбальченко, 2013).

Преобладающими типами селевых потоков по водной составляющей являются снеговые сели (в северной части региона) и дождевые (в южной части региона). В северной зоне, как правило, в мае-июне формируются водоснежные потоки,

а в летние месяцы при продолжительных дождях — дождевые сели. Среди дождевых селей преобладают водокаменные потоки, но могут встречаться и грязекаменные потоки. На склонах вулканов полуострова Камчатка и Курильских островов формируются лахары.

Селеактивный период начинается в апреле-мае и заканчивается в августе, но в восточных частях исследуемой территории (Камчатская, Сахалинская, Амурская области, Приморский и Хабаровский края) селеактивный период длится до сентября и даже октября.

Повторяемость схода селевых потоков не высока по сравнению с повторяемостью на Северном Кавказе. Наиболее характерным показателем частоты схода селевых потоков является величина 1 раз в 15–30 лет. Мелкие склоновые селевые потоки образуются чаще — 1 раз в 3–6 лет (Лапердин, Тржцинский, 1977).

Объёмы селевых потоков могут достигать 500 тыс. м³ (больше характерны для лахаров), хотя чаще всего они не превышают первых сотен м³.

На территории Восточной Сибири и Дальнего Востока около 2,4 млн км² подвержены воздействию селевых потоков, что составляет почти 18% этой территории.

Субъекты, расположенные на этой территории, в различной степени подвержены воздействию селевых потоков (рис. 1.4.1). Наибольшие территории с распространением селевых явлений расположены в пределах Республики Бурятия — 47,6%. Более чем на 20% территорий селевые явления распространены в Камчатском и Хабаровском краях, Магаданской, Сахалинской областях и Чукотском автономном округе. В Амурской области селевые явления распространены на 4,5% её площади. В остальных субъектах Российской Федерации, расположенных на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока, площади селеактивных территорий занимают от 10 до 20% их территорий, за исключением Еврейской автономной области, где селевые явления отсутствуют.

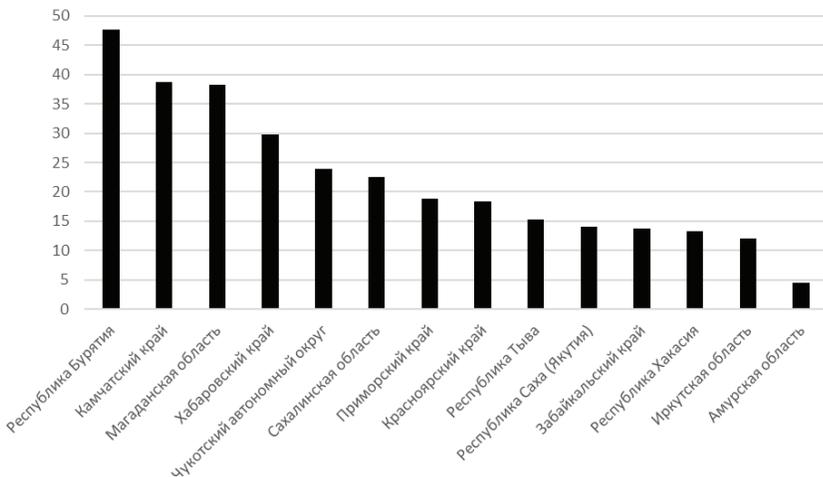


Рис. 1.4.1 Распределение селеактивных территорий по субъектам Восточной Сибири и Дальнего Востока, в процентах

Ниже дана характеристика селевой деятельности на территории субъектов РФ и муниципальных образований в пределах Восточной Сибири и Дальнего Востока.

Красноярский край.

На территории Красноярского края селевая деятельность отмечается в 5 из 44 муниципальных районов: в Таймырском Долгано-Ненецком, Эвенкийском, Ермаковском, Курагинском и Шушенском районах. Наибольшие площади распространения селевых явлений зафиксированы в Шушенском, Эвенкийском и Ермаковском районах, где они составляют не менее 30% от площади этих районов (табл. 1.4.1). Селевая деятельность характеризуется низкой и средней степенью селевой активности. При этом средняя степень селевой активности распространена в малонаселённых и слабо освоенных территориях Таймырского Долгано-Ненецкого, Эвенкийского муниципальных образований. Среди генетических типов встречаются снеговые и дождевые селевые явления с преобладанием снеговых. Селевые явления отмечаются с мая по август, а наиболее селеактивный период приходится

на май-июнь, когда формируются водоснежные потоки. Повторяемость водоснежных потоков в селевых бассейнах не чаще 1 раза в 10 лет, повторяемость дождевых селевых потоков — 1 раз в 15–30 лет.

Таблица 1.4.1

**Характеристики селевой деятельности
на территории Красноярского края**

Название муниципального образования	Поражённость территории, доли	Тип селевого потока по водной составляющей	Повторяемость, раз в год	Период прохождения селевых потоков	Наиболее селеопасный период	Продолжительность наиболее селеопасного периода, дни
Таймырский Долгано-Ненецкий район (плато Путорана)	0,1	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,1	июнь – август	июнь	30
Эвенкийский район	0,3	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,1	май – август	май – июнь	61
Ермаковский район	0,3	дождевой	0,03	май – август	июль – август	123
Курагинский район	0,1	дождевой	0,03	май – август	июль – август	123
Шушенский район	0,1	дождевой	0,03	май – август	июль – август	123

Республика Хакасия

Из 8 муниципальных образований Республики Хакасия селевые явления отмечаются в пределах 5 муниципальных образований: Аскизский, Орджоникидзевский, Таштыпский, Усть-Абаканский и Ширинский. Наибольшие площади с селеактивными районами распространены в Орджоникидзевском и Таштыпском районах, где они занимают более 30% терри-

тории. Селевая деятельность характеризуется низкой степенью активности. Продолжительность селеактивного периода во всех муниципальных образованиях равна 120–130 дней, с мая по август (табл. 1.4.2). Период наибольшей селевой активности отмечается в июле — августе. Повторяемость селей — менее 1 раза в 30 лет.

Таблица 1.4.2

**Характеристики селевой деятельности
на территории Республики Хакасия**

Название муниципального образования	Поражённость территории, доли	Тип селевого потока по водной составляющей	Повторяемость, раз в год	Период прохождения селевых потоков	Наиболее селеопасный период
Аскизский район	0,1	дождевой	0,03	май – август	июль – август
Орджоникидзев- ский район	0,4	дождевой	0,03	май – август	июль – август
Таштыпский район	0,3	дождевой	0,03	май – август	июль – август
Усть-Абаканский район	0,1	дождевой	0,03	май – август	июль – август
Ширинский район	0,2	дождевой	0,03	май – август	июль – август

Республика Тыва

На территории Республика Тыва селевая деятельность отмечается в 10 из 17 муниципальных районов. Бай-Тайгинский и Монгун-Тайгинский кожууны в наибольшей степени подвержены селевой деятельности — более 60% их территории относится к селеопасным районам. В других муниципальных районах площадь селеопасных территорий составляет менее 20% от площади муниципального района. На территории муниципальных образований Республики Тыва селевая активность характеризуется низкой степенью,

и лишь в Кызылском и Эрзинском районах она достигает средней степени селевой активности. Повторяемость схода селевых потоков во всех муниципальных образованиях мала — 1 раз в 30–35 (табл. 1.4.3). Основными причинами образования селевых потоков являются ливни и продолжительные дожди, которые здесь встречаются реже. Продолжительность селеактивного периода — от 120 до 130 дней, с мая по август. Наиболее часто (50% и более от всех зафиксированных случаев образования селей) селевые потоки образуются в июле — августе. По своему составу селевые потоки относятся к грязекаменным селевым потокам.

Таблица 1.4.3

**Характеристики селевой деятельности
на территории Республики Тыва**

Название муниципального образования	Поражённость территории, доли	Тип селевого потока по водной составляющей	Период прохождения селевых потоков	Наиболее селеопасный период
Бай-Тайгинский кожуун	0,6	дождевой	май – август	июль – август
Барун-Хемчикский кожуун	0,3	дождевой	май – август	июль – август
Каа-Хемский кожуун	0,1	дождевой	май – август	июль – август
Кызылский район	0,1	дождевой	май – август	июль – август
Монгун-Тайгинский кожуун	0,7	дождевой	май – август	июль – август
Пий-Хемский кожуун	0,2	дождевой	май – август	июль – август
Сут-Хольский кожуун	0,2	дождевой	май – август	июль – август
Тере-Хольский кожуун	0,1	дождевой	май – август	июль – август
Тоджинский кожуун	0,1	дождевой	май – август	июль – август
Эрзинский кожуун	0,2	дождевой	май – август	июль – август

Иркутская область

Почти в половине муниципальных районов Иркутской области отмечаются селевые потоки, в 15 из 32 муниципальных районах. Наибольшее распространение селевые потоки получили в Иркутском, Казачинско-Ленском, Слюдянском и Ольхонском муниципальных образованиях. Селевая деятельность на территории Иркутской области на большей её части характеризуется низкой степенью активности. В Казачинско-Ленском, Мамско-Чуйском и Черемховском районах селевая деятельность характеризуется средней степенью селевой активности, а в Качугинском районе — высокой степенью активности. На территории Иркутской области преобладают селевые потоки дождевого генезиса, но возможно образование снеговых селей (водоснежных потоков) в Бодайбинском, Казачинско-Ленском, Качугинском, Киренском, Мамско-Чуйском районах. Частота схода селевых потоков — от 1 раза 5–10 лет до 1 раза в 30 лет (табл. 1.4.4). Период образования селевых потоков — с мая по август (продолжительность селеактивного периода — 120–130 дней), период наибольшей селевой активности отмечается в июле–августе.

Таблица 1.4.4

Характеристики селевой деятельности на территории Иркутской области

Название муниципального образования	Поражённость территории, доли	Тип селевого потока по водной составляющей	Повторяемость, раз в год	Период прохождения селевых потоков
Бодайбинский район	0,2	дождевой и снеговой с преобладанием дождевого	0,03	май – август
Заларинский район	0,1	дождевой	0,03	май – август
Зиминский район	0,1	дождевой	0,15	май – август
Иркутский район	0,3	дождевой	0,03	май – август

Продолжение таблицы 1.4.4

Название муниципального образования	Поражённость территории, доли	Тип селевого потока по водной составляющей	Повторяемость, раз в год	Период прохождения селевых потоков
Казачинско-Ленский район	0,3	дождевой и снеговой с преобладанием дождевого	0,03	май – август
Качугский район	0,2	дождевой и снеговой с преобладанием дождевого	0,03	май – август
Киренский район	0,05	дождевой и снеговой с преобладанием дождевого	0,03	май – август
Мамско-Чуйский район	0,1	дождевой и снеговой с преобладанием дождевого	0,03	май – август
Нижнеудинский район	0,2	дождевой	0,15	май – август
Ольхонский район	0,4	дождевой	0,03	май – август
Слюдянский район	0,2	дождевой	0,1	май – август
Тулунский район	0,2	дождевой	0,15	май – август
Усольский район	0,2	дождевой	0,03	май – август
Черемховский район	0,2	дождевой	0,03	май – август
Шелеховский район	0,1	дождевой	0,03	май – август

Республика Бурятия

Селевая деятельность отмечается в 16 из 21 муниципальных районов Республики Бурятия. Наибольшее распространение селевые потоки получили в Бичурском, Джидинском, Курумканском и Муйском районах. Наиболее подвержена селевой деятельности территория Муйского района — около 70% территории относится к селеактивной. На территории Республики Бурятия преобладают селевые потоки дождево-

го генезиса, но в отдельных районах — Баргузинском, Баунтовском, Курумканском, Муйском и Северо-Байкальском — возможны снеговые селевые потоки. Чаще всего селевые потоки сходят в Закаменском, Окинском и Северо-Байкальском муниципальных районах, с периодичностью 1 раз в 10 лет (табл. 1.4.5). Реже всего селевые потоки сходят в Северо-Байкальском муниципальном районе. Продолжительность селеактивного периода — с мая по август, чаще всего селевые потоки образуются в июле-августе. В целом территории муниципальных образований характеризуются низкой и средней степенью селевой активности.

Таблица 1.4.5

**Характеристики селевой деятельности
на территории Республики Бурятия**

Название муниципального образования	Поражённость территории, доли	Степень селевой активности	Тип селевого потока по водной составляющей	Повторяемость, раз в год	Период прохождения селевых потоков
Баргузинский район	0,3	низкая	дождевой и снеговой с преобладанием дождевого	0,03	май – август
Баунтовский район	0,1	низкая	дождевой и снеговой с преобладанием дождевого	0,03	май – август
Бичурский район	0,5	низкая	дождевой	0,03	май – август
Джидинский район	0,5	средняя	дождевой	0,05	май – август
Закаменский район	0,2	средняя	дождевой	0,1	май – август
Иволгинский район	0,4	средняя	дождевой	0,03	май – август
Кабанский район	0,4	средняя	дождевой	0,05	май – август

Продолжение таблицы 1.4.5

Название муниципального образования	Поражённость территории, доли	Степень селевой активности	Тип селевого потока по водной составляющей	Повторяемость, раз в год	Период прохождения селевых потоков
Курумканский район	0,6	средняя	дождевой и снеговой с преобладанием дождевого	0,06	май – август
Кяхтинский район	0,2	низкая	дождевой	0,03	май – август
Муйский район	0,7	средняя	дождевой и снеговой с преобладанием дождевого	0,06	май – август
Мухоршибирский район	0,2	низкая	дождевой	0,03	май – август
Окинский район	0,2	низкая	дождевой	0,1	май – август
Прибайкальский район	0,05	средняя	дождевой	0,03	май – август
Северо-Байкальский район	0,2	низкая	дождевой и снеговой с преобладанием дождевого	0,01	май – август
Селенгинский район	0,1	средняя	дождевой	0,03	май – август
Тункинский район	0,1	низкая	дождевой	0,1	май – август

Забайкальский край

Большая часть территории Забайкальского края характеризуется отсутствием селевой деятельности, лишь в семи его районах — Акшинском, Каларском, Красночикойском, Кыринском, Петровск-Забайкальском, Тунгокоченском и Улетовском районах отмечается селевая деятельность. В большинстве муниципальных районов преобладают дождевые селевые потоки, а Каларском и Тунгокоченском районах воз-

можны снеговые селевые потоки. Наибольшее распространение селевые потоки получили в Красночикоийском районе, где они отмечаются почти на 60% площади района. Образование селевых потоков возможно с мая по август, но наиболее часто они образуются в июле и августе. Продолжительность селеактивного периода — от 120 до 130 дней. Образуются селевые потоки довольно редко — 1 раз в 30 лет (табл. 1.4.6). На всей территории Забайкальского края преобладают районы с низкой степенью селевой активности, и только в Каларском районе отмечаются небольшие по площади территории со средней степенью селевой активности.

Таблица 1.4.6

**Характеристики селевой деятельности
на территории Забайкальского края**

Название муниципального образования	Поражённость территории, доли	Степень селевой активности	Тип селевого потока по водной составляющей	Повторяемость, раз в год	Период прохождения селевых потоков
Акшинский район	0,2	низкая	дождевой	0,03	май – август
Каларский район	0,1	низкая и средняя	дождевой и снеговой с преобладанием дождевого	0,03	май – август
Красночикоийский район	0,6	низкая	дождевой	0,03	май – август
Кыринский район	0,2	низкая	дождевой	0,03	май – август
Петровск-Забайкальский район	0,4	низкая	дождевой	0,03	май – август
Тунгокоченский район	0,05	низкая	дождевой и снеговой с преобладанием дождевого	0,03	май – август
Улетовский район	0,3	низкая	дождевой	0,03	май – август

Республика Саха (Якутия)

Почти в половине муниципальных образований Республики Саха (Якутия) отмечаются районы с селевой деятельностью. В большинстве муниципальных образований районы с селевой деятельностью не превышают 30% их площади. Селевая деятельность отмечается с мая по август. Продолжительность селеактивного периода — 120–130 дней. Наиболее часто водоснежные потоки формируются в мае-июне, а дождевые сели — в июле-августе. По генетическому типу дождевые селевые потоки преобладают в Алданском, Булунском, Жиганском, Кобьинском, Нерюнгринском, Томпонском, Усть-Майском и Эвено-Бытантайском муниципальных образованиях. В остальных муниципальных образованиях, где существуют селеактивные территории, преобладают снеговые селевые потоки. Повторяемость селевых потоков изменяется от 1 раза в 10 лет (снеговые сели) до 1 раза в 30 лет (грязекаменные и водокаменные селевые потоки) (табл. 1.4.7). Большая часть муниципальных образований характеризуется низкой степенью селевой активности, и только в Булунском, Жиганском, Олекминском и Томпонском районах отмечаются селеактивные территории, которые характеризуются средней степенью селевой активности.

Таблица 1.4.7

Характеристики селевой деятельности на территории Республики Саха (Якутия)

Название муниципального образования	Поражённость территории, доли	Степень селевой активности	Тип селевого потока по водной составляющей	Повторяемость, раз в год	Период происхождения селевых потоков	Наиболее селеопасный период
Абыйский улус	0,1	низкая	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,1	май – август	май – июнь
Алданский улус	0,1	низкая	дождевой	0,03	май – август	июль – август

Продолжение таблицы 1.4.7

Название муниципального образования	Поражённость территории, доли	Степень селевой активности	Тип селевого потока по водной составляющей	Повторяемость, раз в год	Период происхождения селевых потоков	Наиболее безопасный период
Булунский улус	0,3	низкая – средняя	дождевой	0,03	май – август	июль – август
Верхнеколымский улус	0,2	низкая	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,1	май – август	май – июнь
Верхоянский улус	0,2	низкая	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,1	май – август	май – июнь
Жиганский улус	0,3	низкая – средняя	дождевой	0,03	май – август	июль – август
Кобяйский улус	0,2	низкая	дождевой	0,03	май – август	июль – август
Момский улус	0,3	низкая	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,1	май – август	май – июнь
Нерюнгринский улус	0,2	низкая	дождевой	0,03	май – август	июль – август
Оймяконский улус	0,2	низкая	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,1	май – август	май – июнь
Олёкминский улус	0,1	низкая – средняя	дождевой и снеговой с преобладанием дождевого	0,1	май – август	июль – август
Томпонский улус	0,3	низкая – средняя	дождевой	0,03	май – август	июль – август
Усть-Майский улус	0,1	низкая	дождевой	0,03	май – август	июль – август
Усть-Янский улус	0,3	низкая	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,1	май – август	май – июнь
Эвено-Бытантайский улус	0,2	низкая	дождевой	0,03	май – август	июль – август

Амурская область

Селевая деятельность на территории Амурской области отмечается в Зейском, Селемджинском и Тындинском муниципальных районах. Территории с селеактивными территориями занимают не более 20% территорий муниципальных образований. Селевые потоки формируются в период с июня по октябрь, а в Тындинском районе — с мая по август. В расположенном на севере Амурской области Тындинском районе период наибольшей селевой активности приходится на июль — август, а в Зейском и Селемджинском районах — на июль — сентябрь (табл. 1.4.8). Продолжительность селеактивного периода составляет около 150 дней, снижаясь на севере территории Амурской области до 120–130 дней. Повторяемость схода селевых потоков — 1 раз в 10 лет и реже. На территории Амурской области преобладают дождевые селевые потоки, а в Тындинском районе возможно образование, наряду с дождевыми, и снеговых селей. Тындинский район характеризуется низкой степенью селевой активности, а в Зейском и Селемджинском районах помимо районов с низкой степенью селевой активности отмечаются территории со средней степенью селевой активности.

Таблица 1.4.8

Характеристики селевой деятельности на территории Амурской области

Название муниципального образования	Поражённость территории, доли	Степень селевой активности	Тип селевого потока по водной составляющей	Повторяемость, раз в год	Период прохождения селевых потоков	Наиболее селеопасный период	Продолжительность селеопасного периода, дни
Зейский район	0,1	низкая-средняя	дождевой	0,08	июнь – октябрь	июль – сентябрь	153
Селемджинский район	0,1	низкая-средняя	дождевой	0,08	июнь – октябрь	июль – сентябрь	153
Тындинский район	0,2	низкая	дождевой и снеговой с преобладанием дождевого	0,1	май – август	июль – август	123

Чукотский автономный округ

Большая часть территории Чукотского автономного округа подвержена селевой деятельности, и лишь в Беринговском и Шмидтовском районах селевая деятельность отсутствует. Наибольшее распространение селевые явления получили в Провиденском и Чаунском районах, где их площади составляют от 30 до 40% от площадей этих муниципальных образований.

По генетическому типу встречаются дождевые и снеговые сели с преобладанием последних. Повторяемость селей — не чаще 1 раза в 10 лет (табл. 1.4.9). Образование селевых потоков возможно с мая по август. Чаще всего селевые потоки формируются в мае-июне. Во всех 6 муниципальных образованиях, где отмечается селевая деятельность, степень селевой активности низкая.

Таблица 1.4.9

Характеристики селевой деятельности на территории Чукотского автономного округа

Название муниципального образования	Поражённость территории, доли	Степень селевой активности	Тип селевого потока по водной составляющей	Повторяемость, раз в год	Период прохождения селевых потоков	Наиболее безопасный период	Продолжительность селеопасного периода, дни
Анадырский район	0,2	низкая	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,1	май – август	май – июнь	93
Билибинский район	0,2	низкая	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,1	май – август	май – июнь	93
Иульгинский район (материк)	0,2	низкая	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,1	май – август	май – июнь	93
Провиденский район	0,4	низкая	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,1	май – август	Май – июнь	93

Название муниципального образования	Поражённость территории, доли	Степень селевой активности	Тип селевого потока по водной составляющей	Повторяемость, раз в год	Период прохождения селевых потоков	Наиболее селеопасный период	Продолжительность селеопасного периода, дни
Чаунский район	0,3	низкая-средняя	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,1	май – август	май – июнь	93
Чукотский район	0,05	низкая	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,1	июнь – сентябрь	июль – август	92

Камчатский край

На территории Камчатского края селевая деятельность отмечается во всех муниципальных образованиях. Наиболее распространены селевые потоки на территориях Быстринского и Соболевского районах. По водной составляющей встречаются дождевые и снеговые сели, с преобладанием тех или других в зависимости от температурных условий, заснеженности района и количества жидких осадков. Повторяемость схода селевых потоков — реже 1 раза в 10 лет. Формирование селевых потоков в северных районах Камчатского края возможно с мая по август. В южных районах формирование селевых потоков возможно с июня по октябрь (табл. 1.4.10). Наиболее часто селевые потоки образуются в июле — сентябре. Отличительной особенностью селевой деятельности в Камчатском крае является образование лахаров (селевые потоки, формирующиеся в районах действующих вулканов), т. к. на территории Камчатского края довольно интенсивна современная вулканическая деятельность. Их формирование возможно круглогодично. Большая часть территории Камчатского края характеризуется низкой степенью селевой активности, и лишь в районе действующих вулканов на территориях Карагинского и Усть-Камчатского районов отмечаются районы со средней степенью селевой активности.

Таблица 1.4.10

Характеристики селевой деятельности на территории Камчатского края

Название муниципального образования	Поражённость территории, доли	Степень селевой активности	Тип селевого потока по водной составляющей	Повторяемость, раз в год	Период прохождения селевых потоков	Наиболее селеопасный период	Продолжительность селеопасного периода, дни
Алеутский	0,2	низкая	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,05	май – июль	май – июнь	92
Быстринский район	0,4	низкая	дождевой и снеговой с преобладанием дождевого	0,09	июнь – октябрь	июль – сентябрь	140
Елизовский район	0,2	низкая	дождевой и снеговой с преобладанием дождевого	0,09	июнь – октябрь	июль – сентябрь	140
Карагинский район	0,3	низкая-средняя	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,03	июнь – октябрь	июль – сентябрь	140
Мильковский район	0,3	низкая	дождевой и снеговой с преобладанием дождевого	0,09	июнь – октябрь	июль – сентябрь	140
Олюторский район	0,1	низкая	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,03	май – август	май – июнь	123
Пенжинский район	0,1	низкая	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,09	май – август	май – июнь	123
Петро-павловск-Камчатский городской округ	0,1	низкая	дождевой и снеговой с преобладанием дождевого	0,09	июнь – октябрь	июль – сентябрь	140

Продолжение таблицы 1.4.10

Название муниципального образования	Поражённость территории, доли	Степень селевой активности	Тип селевого потока по водной составляющей	Повторяемость, раз в год	Период прохождения селевых потоков	Наиболее опасный период	Продолжительность селеопасного периода, дни
Соболевский район	0,4	низкая	дождевой и снеговой с преобладанием дождевого	0,03	июнь – октябрь	июль – сентябрь	140
Тигильский район	0,2	низкая	дождевой и снеговой с преобладанием дождевого	0,03	июнь – октябрь	июль – сентябрь	140
Усть-Большерецкий район	0,2	низкая	дождевой и снеговой с преобладанием дождевого	0,09	июнь – октябрь	июль – сентябрь	140
Усть-Камчатский район	0,2	низкая-средняя	дождевой и снеговой с преобладанием дождевого	0,09	июнь – октябрь	июль – сентябрь	140

Магаданская область

Селевые потоки на территории Магаданской области встречаются во всех муниципальных районах. Наибольшие территории (более 50%) селеактивные районы занимают в Сусуманском, Тенькинском, Хасынском и Ягодном районах. На территории Магаданской области встречаются снеговые и дождевые селевые потоки, с преобладанием снеговых во всех муниципальных районах. Повторяемость селевых потоков — не чаще 1 раза в 10 лет (табл. 1.4.11). Формирование селевых потоков возможно с мая по август, при этом в мае отмечаются, главным образом, снеговые сели (водоснежные потоки), а в летние месяцы — водокаменные и грязекаменные селевые потоки. Все селеактивные районы на территории Магаданской области характеризуются низкой степенью селевой активности.

Таблица 1.4.11

Характеристики селевой деятельности на территории Магаданской области

Название муниципального образования	Поражённость территории, доли	Степень селевой активности	Тип селевого потока по водной составляющей	Повторяемость, раз в год	Период прохождения селевых потоков	Наиболее опасный период
Ольский район	0,3	низкая	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,1	май – август	июнь – июль
Омсукчанский район	0,3	низкая	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,1	май – август	июнь – июль
Северо-Эвенский район	0,3	низкая	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,1	май – август	июнь – июль
Среднеканский район	0,1	низкая	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,1	май – август	июнь – июль
Сусуманский район	0,5	низкая	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,1	май – август	июнь – июль
Тенькинский район	0,8	низкая	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,1	май – август	июнь – июль
Хасынский район	0,7	низкая	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,1	май – август	июнь – июль
Ягоднинский район	0,6	низкая	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,1	май – август	июнь – июль

Хабаровский край

На территории Хабаровского края селевая активность отмечается в 13 из 17 муниципальных образований. Не подвержены селевой деятельности территории Амурского, Бикинского, Вяземского и Николаевского муниципальных районов, а также города Комсомольск-на-Амуре и Хабаровск. Наибольшие площади распространения селевой деятельности отмечаются в Советско-Гаванском (до 70% площади) и Охотском муниципальных районах (до 40% площади), а также до трети площади Хабаровского муниципального образования (района) (табл. 1.4.12).

Таблица 1.4.12

Характеристики селевой деятельности на территории Хабаровского края

Название муниципального образования	Поражённость территории, доли	Степень опасности	Тип селевого потока по водной составляющей	Повторяемость, раз в год	Период прохождения селевых потоков	Наиболее селеопасный период	Продолжительность селеопасного периода, дни
Аяно-Майский район	0,15	низкая — средняя	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,1	май – август	июль – сентябрь	123
Ванинский район	0,2	низкая	дождевой	0,08	июнь – октябрь	июль – сентябрь	153
Верхне-Буреинский район	0,2	низкая – средняя	дождевой	0,08	июнь – октябрь	июль – сентябрь	153
Комсомольский район	0,2	низкая	дождевой	0,08	июнь – октябрь	июль – сентябрь	153
Нанайский район	0,2	низкая	дождевой	0,08	июнь – октябрь	июль – сентябрь	153
Охотский район	0,4	низкая	снеговой и дождевой с преобладанием снегового	0,1	май – август	май – июнь	123

Название муниципального образования	Поражённость территории, доли	Степень опасности	Тип селевого потока по водной составляющей	Повторяемость, раз в год	Период прохождения селевых потоков	Наиболее селеопасный период	Продолжительность селеопасного периода, дни
район имени Лазо	0,1	низкая	дождевой	0,08	июнь – октябрь	июль – сентябрь	153
район имени Полины Осипенко	0,1	низкая	дождевой	0,08	июнь – октябрь	июль – сентябрь	153
Советско-Гаванский район	0,7	низкая	дождевой	0,08	июнь – октябрь	июль – сентябрь	153
Солнечный район	0,2	низкая	дождевой	0,08	июнь – октябрь	июль – сентябрь	153
Тугуро-Чумиканский район	0,2	низкая	дождевой	0,08	июнь – октябрь	июль – сентябрь	153
Ульчский район	0,2	низкая	дождевой	0,08	июнь – октябрь	июль – сентябрь	153
Хабаровский район	0,3	низкая	дождевой	0,08	июнь – октябрь	июль – сентябрь	153

В остальных муниципальных образованиях селеактивные территории не превышают 20% площади муниципальных образований. На территории большинства муниципальных образований Хабаровского края преобладают дождевые сели, и лишь в Аяно-Майском и Охотском муниципальных районах встречаются снеговой и дождевой тип селевых потоков с преобладанием снегового. Образование селевых потоков на территории Хабаровского края отмечается с июня по октябрь. В Аяно-Майском и Охотском муниципальных образованиях в июне могут формироваться снеговые сели (водоснежные потоки). Наиболее селеопасный период (50% всех сошедших селей) приходится на июль — сентябрь. Повторяемость селей — не чаще 1 раза в 10 лет. Практически вся территория Хабаровского края характеризуется низкой степенью селевой

активности, и только в Аяно-Майском и Верхнебуреинском муниципальных образованиях отмечаются территории со средней степенью селевой активности.

Приморский край

Территории 11 из 22 муниципальных образований Приморского края подвержены воздействию селевых потоков. На всей территории преобладают грязекаменные и водокаменные селевые потоки, которые образуются в период продолжительных дождей и интенсивных ливней (табл. 1.4.13). Наибольшая поражённость селевыми потоками характерна для Ольгинского (60% площади муниципального образования), Партизанского (40%), Кавалеровского и Чугуевского (по 30%) муниципальных образований. В остальных муниципальных образованиях территории, подверженные воздействию селевых потоков, составляют менее 20% их площадей. Образование селей на всей территории Приморского края возможно с июня по октябрь, а наиболее селеактивный период приходится на июль — сентябрь. Особенно часто селевые потоки формируются в конце августа — начале сентября, в период муссонных дождей. Повторяемость схода селей — 1 раз в 9–10 лет. Все селеактивные районы на территории Приморского края характеризуются низкой степенью селевой активности.

Таблица 1.4.13

Характеристики селевой деятельности на территории Приморского края

Название муниципального образования	Поражённость территории, доли	Степень селевой активности	Тип селевого потока по водной составляющей	Повторяемость, раз в год	Период прохождения селевых потоков	Наиболее селеопасный период	Продолжительность селеопасного периода, дни
Дальнегорский округ	0,1	низкая	дождевой	0,11	июнь – октябрь	июль – сентябрь	153

Название муниципального образования	Поражённость территории, доли	Степень селевой активности	Тип селевого потока по водной составляющей	Повторяемость, раз в год	Период прохождения селевых потоков	Наиболее селеопасный период	Продолжительность селеопасного периода, дни
Дальне-реченский район	0,1	низкая	дождевой	0,11	июнь – октябрь	июль – сентябрь	153
Кавалеровский район	0,3	низкая	дождевой	0,11	июнь – октябрь	июль – сентябрь	153
Красно-армейский район	0,1	низкая	дождевой	0,11	июнь – октябрь	июль – сентябрь	153
Лазовский район	0,2	низкая	дождевой	0,11	июнь – октябрь	июль – сентябрь	153
Ольгинский район	0,6	низкая	дождевой	0,11	июнь – октябрь	июль – сентябрь	153
Партизанский район	0,4	низкая	дождевой	0,11	июнь – октябрь	июль – сентябрь	153
Пожарский район	0,1	низкая	дождевой	0,11	июнь – октябрь	июль – сентябрь	153
Тернейский район	0,1	низкая-средняя	дождевой	0,11	июнь – октябрь	июль – сентябрь	153
Чугуевский район	0,3	низкая	дождевой	0,11	июнь – октябрь	июль – сентябрь	153
Находкинский район	0,1	низкая	дождевой	0,11	июнь – октябрь	июль – сентябрь	153

Сахалинская область

Все муниципальные образования Сахалинской области в той или иной степени подвержены воздействию селевых потоков. На острове Сахалин наибольшее распространение селевые потоки получили в Макаровском и Корсаковском муниципальных образованиях — до 50% территории

этих муниципальных образований относятся к селеактивным. Воздействию селевых потоков подвержен г. Южно-Сахалинск, а также несколько других крупных городов Сахалинской области. На Курильской островной гряде, в которую входят три муниципальных образования — Северо-Курильский, Курильский и Южно-Курильский, — более 40% относятся к селеактивным территориям. Во всех муниципальных образованиях Сахалинской области селевые потоки по типу водной составляющей относятся к дождевым. Формирование селевых потоков происходит с июня по октябрь, а наиболее активный период приходится на июль — сентябрь. Повторяемость их невысока: от 1 раза в 20 лет до 1 раза в 30 лет, только в Макаровском муниципальном образовании частота схода селевых потоков составляет 1 раз в 10–12 лет (табл. 1.4.13). На территории Сахалинской области возможны массовые сходы селевых потоков во время прохождений тайфунов или глубоких циклонов. Мелкие склоновые сели со склонов морских террас на западном и восточном побережьях могут формироваться 1 раз в 3–5 лет, но при этом они могут перекрывать автомобильные и железные дороги (Рыбальченко, 2013). Большая часть территории Сахалинской области характеризуется низкой и средней степенью селевой активности (Инженерные изыскания..., 2019), в работе Н.А. Казакова и З.И. Жуковой (1988) помимо этого в верхних частях Западно-Сахалинских и Восточно-Сахалинских хребтов выделяются районы с высокой степенью селевой активности. В Северо-Курильском, Курильском и Южно-Курильском муниципальных образованиях возможно формирование селевых потоков (лахаров) на склонах действующих вулканов (рис. 1.4.2). В каждом из этих муниципальных образований селевой деятельности подвержено до 40% территории, а повторяемость схода селевых потоков — 1 раз в 20 лет. Образование селевых потоков связано как с интенсивной вулканической деятельностью, так и с большим количеством осадков в летний период.



Рисунок 1.4.2 Крупнообломочные отложения в зоне зарождения лахара «Клюв 2» Остров Матуа. Фото Т. Хисматуллина

Таблица 1.4.13

**Характеристики селевой деятельности
на территории Сахалинской области**

Название муниципального образования	Поражённость территории, доли	Степень селевой активности	Тип селевого потока по водной составляющей	Повторяемость, раз в год	Период происхождения селевых потоков	Наиболее селеопасный период
Александровск-Сахалинский район	0,3	средняя	дождевой	0,03	июнь — октябрь	июль — сентябрь
Анивский городской округ	0,05	низкая	дождевой	0,05	июнь — октябрь	июль — сентябрь
город Южно-Сахалинск	0,3	средняя	дождевой	0,03	июнь — октябрь	июль — сентябрь
Долинский район	0,1	средняя	дождевой	0,05	июнь — октябрь	июль — сентябрь

Продолжение таблицы 1.4.13

Название муниципального образования	Поражённость территории, доли	Степень селевой активности	Тип селевого потока по водной составляющей	Повторяемость, раз в год	Период прохождение селевых потоков	Наиболее селеопасный период
Корсаковский район	0,4	низкая	дождевой	0,05	июнь — октябрь	июль — сентябрь
Курильский район	0,4	низкая	дождевой	0,05	июнь — октябрь	июль — сентябрь
Макаровский район	0,5	средняя	дождевой	0,08	июнь — октябрь	июль — сентябрь
Невельской район	0,1	низкая	дождевой	0,05	июнь — октябрь	июль — сентябрь
Ногликский район	0,1	низкая	дождевой	0,03	июнь — октябрь	июль — сентябрь
Охинский район	0,1	низкая	дождевой	0,03	июнь — октябрь	июль — сентябрь
Поронайский район	0,05	средняя	дождевой	0,05	июнь — октябрь	июль — сентябрь
Северо-Курильский район	0,5	низкая	дождевой	0,05	июнь — октябрь	июль — сентябрь
Смирныховский район	0,2	низкая	дождевой	0,03	июнь — октябрь	июль — сентябрь
Томаринский район	0,1	средняя	дождевой	0,03	июнь — октябрь	июль — сентябрь
Тымовский район	0,3	низкая	дождевой	0,03	июнь — октябрь	июль — сентябрь
Углегорский район	0,2	средняя	дождевой	0,05	июнь — октябрь	июль — сентябрь
Холмский городской округ	0,05	низкая	дождевой	0,05	июнь — октябрь	июль — сентябрь
Южно-Курильский район	0,4	низкая	дождевой	0,05	июнь — октябрь	июль — сентябрь

2. ОПАСНОСТЬ СНЕЖНЫХ ЛАВИН, СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ, НАВОДНЕНИЙ И ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

2.1 Наводнения

Наибольшая степень опасности наводнений (высокая) для транспортных коммуникаций на начало XXI века отмечается на всей территории Сахалинской области, а также Хабаровского и Забайкальского краёв, Еврейской автономной области, Амурской области в муниципальных районах, по которым протекает река Амур (рис. 2.1.1).

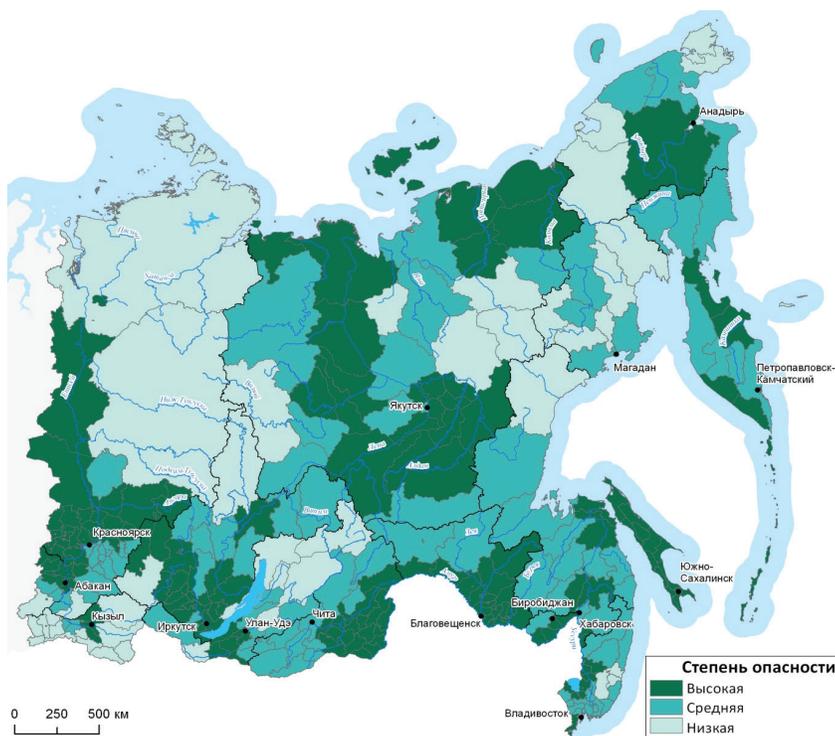


Рис. 2.1.1. Степень опасности наводнений для авто- и железных дорог по муниципальным образованиям на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока на начало XXI века

Высокая степень опасности наводнений в пределах Республики Саха (Якутия) сосредоточена в следующих муниципальных районах: Анабарский, Булунский, Жиганский, Намский, Усть-Алданский, Таттинский, Усть-Майский, Чурапчинский, Амгинский, Алданский, Хангалакский, Мегино-Кангаласский, Олекминский, Усть-Янский и г. Якутск. На территории Чукотского автономного округа высокая степень опасности наводнений для дорог отмечается в Анадырском районе. На Камчатке высокая степень опасности наводнений характерна для Карагинского, Усть-Камчатского, Соболевского и Усть-Большерецкого районов.

В Приморском крае территории следующих муниципальных образований подвержены наводнениям высокой степени опасности: Дальнереченский, Лесозаводской, Кировский, Спасский, Хорольский, Черниговский, Ханкайский, Надеждинский, Хасанский, Уссурийский районы.

В Республике Бурятия высокая степень опасности наводнений характерна для Кабанского, Селенгинского, Джидинского, Кяхтинского, Бичурского, Мухоршибинского, Тарбагатайского районов.

Территория Иркутской области характеризуется средней и высокой степенью опасности для автомобильных и железных дорог, и только в Забайкалье территории характеризуются низкой степенью опасности наводнений.

В Республике Тыва большая часть территории характеризуется низкой степенью опасности наводнений для автомобильных и железных дорог. Высокая степень опасности наводнений характерна для Пий-Хемского, Кызылского и Тандинского районов.

На территории Республики Хакасия высокой степенью опасности наводнений для автомобильных и железных дорог характеризуются Орджоникидзевский, Ширинский, Боградский и Усть-Абаканский районы.

В Красноярском крае высокая степень опасности наводнений отмечается в муниципальных районах, по которым протекает р. Енисей, за исключением Усть-Енисейского рай-

она, территорий, подчинённых г. Дудинка, г. Игарка, и муниципальных районов вдоль р. Ангара.

Характер распределения степени опасности наводнений для транспортных коммуникаций в середине XXI века на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока показан на рисунке 2.1.2.

Районы с высокой степенью опасности наводнений будут приурочены к территориям муниципальных образований, расположенных в бассейнах р. Лена и её крупных притоков Яна, Индигирка, Амур, Ангара, на юге Приморского и Красноярского краёв и на острове Сахалин.

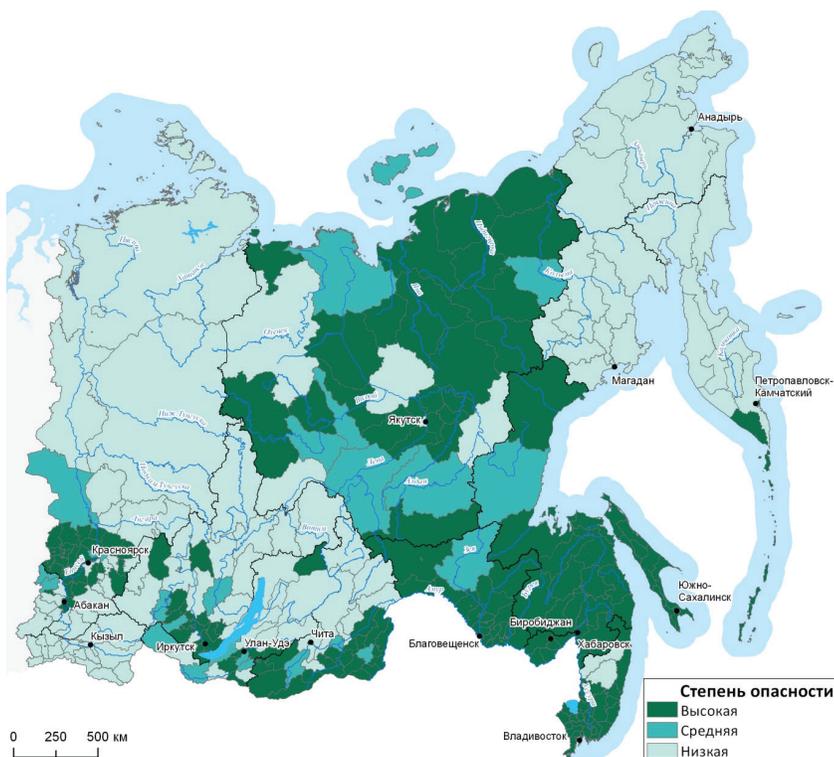


Рис. 2.1.2 Степень опасности наводнений для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям территории Восточной Сибири и Дальнего Востока в середине XXI века

Средней степенью опасности наводнений будут характеризоваться отдельные муниципальные образования в бассейнах р. Лены, на юге Иркутской области, Республики Бурятия, Забайкальского и Красноярского краёв.

К середине XXI века территории с низкой степенью опасности наводнений для транспортных коммуникаций будут занимать наибольшие площади в пределах Восточной Сибири и Дальнего Востока, включая центральные и северные районы Красноярского края, территории Республик Хакасия и Тыва, северные районы Республики Бурятия, Забайкальского края, Иркутской области, Магаданской области, Чукотского автономного округа и Камчатского края.

В целом можно отметить, что к середине XXI века прогнозируется рост степени опасности наводнений для транспортных коммуникаций по большей части территорий муниципальных образований Республики Саха (Якутия), севера и юга Хабаровского края, большей части территории Приморского края, Амурской области, Еврейской автономной области и юга Забайкальского края.

Снижение степени опасности наводнений к середине XXI века будет характерно для всей территории Чукотского автономного округа, Магаданской области, Камчатского и Красноярского (особенно в долине р. Енисей) краёв, на севере Республики Бурятия, в Республиках Хакасия и Тыва.

2.2. Геокриологические опасности

На территории Восточной Сибири и Дальнего Востока опасные геокриологические процессы имеют широкое распространение, и они в разной степени оказывают негативное влияние на транспортные коммуникации.

Заметно отличаются по степени опасности геокриологических процессов регионы с преимущественно равнинным или горным рельефом, например, в последних относительно слабо развиты процессы термокарста, формирования инъекционно-сегрегационных бугров пучения и др. В отдельных

регионах наблюдается повышенная «концентрация» геокриологических опасностей, где активны «холодные», «тёплые» и «склоновые» процессы. Так, для северных районов Забайкальского края, Таймырского Долгано-Ненецкого района, некоторых районов Магаданской области, Якутии и других характерно интенсивное проявление почти всего спектра процессов. Вместе с тем, для многих районов Приморского края, Еврейской автономной области и Сахалина геокриологические опасности связаны, в основном, с морозным пучением сезонно-талого и сезонно-мёрзлого слоёв, а другие криогенные процессы практически отсутствуют.

Морозное растрескивание не представляет опасности для транспортных коммуникаций на территории Сахалинской области, Приморского края, на большей части территорий Хабаровского края, Иркутской области, южной части Красноярского края, а также в отдельных муниципальных образованиях Еврейской автономной области и Амурской области.

Высокая степень опасности морозного растрескивания отмечается в муниципальных образованиях северных районов Красноярского края, Республики Саха (Якутия) и практически всей территории Магаданской области, за исключением Омсукчанского, Ольского районов и г. Магадан.

В Чукотском автономном округе высокая степень опасности морозного растрескивания отмечается только в Билибинском, Чаунском и Чукотском районах.

В Республике Бурятия высокая степень опасности морозного растрескивания для автомобильных и железных дорог в Закаменском, Курумканском и Муйском районах, в Иркутской области — в Мамско-Чуйском районе, в Республике Тыва — в Монгун-Тайгинском, Бай-Тайгинском, Овюрском и Дзун-Хемчинском районах (рис. 2.2.1).

Районы с низкой степенью морозного растрескивания сосредоточены в Камчатском крае, юге Хабаровского и Забайкальского краёв, Республике Бурятия, Хакасия, Амурской и Иркутской областях, а также в отдельных муниципальных образованиях Красноярского края и Республике Саха (Яку-

тия). Наибольшие площади со средней степенью опасности морозного растрескивания для автомобильных и железных дорог сосредоточены на территории Республики Саха (Якутия), севере Хабаровского и центральной части Красноярского краёв, северных районах Забайкальского края и Республики Бурятия, а также в восточной части Республики Тыва (рис. 2.2.1).

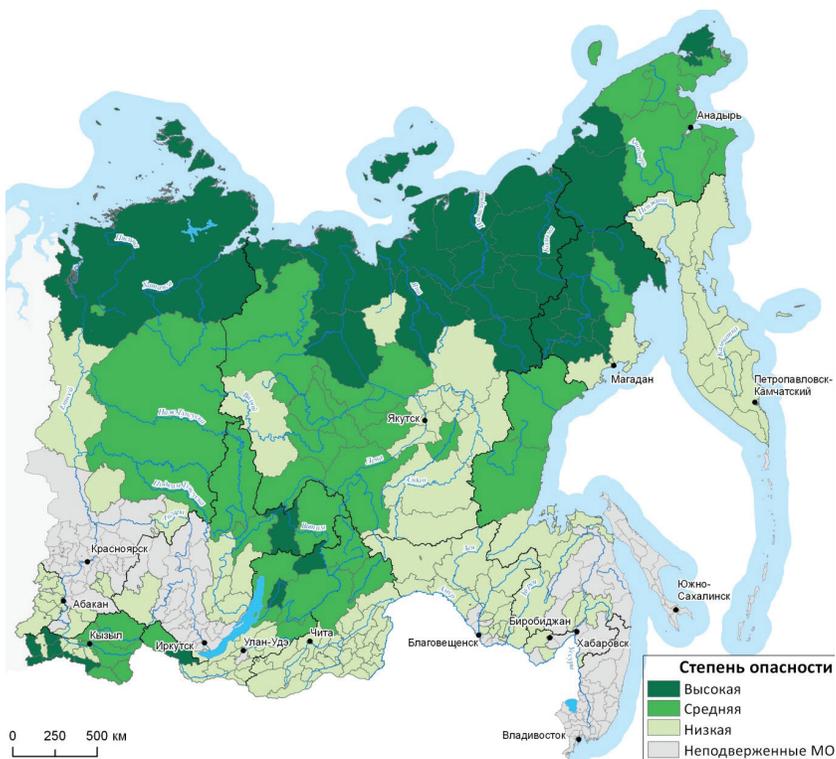


Рис. 2.2.1. Степень опасности морозного растрескивания для автомобильных и железных дорог в начале XXI века по муниципальным образованиям на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока

Характер распределения степеней опасности по муниципальным образованиям морозного пучения грунтов для автомобильных и железных дорог на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока представлен на рисунке 2.2.2.



Рис. 2.2.2. Степень опасности морозного пучения для автомобильных и железных дорог в начале XXI века по муниципальным образованиям территории Восточной Сибири и Дальнего Востока

Во всех муниципальных образованиях на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока отмечается опасность морозного пучения. Территории с низкой степенью опасности морозного пучения для автомобильных и железных дорог распространены на территории Республик Тыва, Бурятия, Забайкальского и Приморского краёв, Магаданской области и Чукотского автономного округа. Наибольшие площади с низкой степенью опасности морозного пучения приходятся на территорию Республики Саха (Якутия). Районы с высокой степенью опасности морозного пучения для автомобильных и железных дорог сосредоточены в муниципальных образованиях вдоль

среднего течения р. Енисей в пределах Красноярского края, в бассейне р. Ангара (Иркутская область), Амурской области, северных и центральных районов Хабаровского края.

Курумы и каменные глетчеры также широко развиты на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока. В ряде муниципальных районов Приморского, Хабаровского, Камчатского и Красноярского краёв, Еврейской, Амурской, Иркутской областей, Чукотского автономного округа и Республики Саха (Якутия) эти опасные геокриологические процессы отсутствуют. Не имеют они распространения и на территории Сахалинской области (рис. 2.2.3).

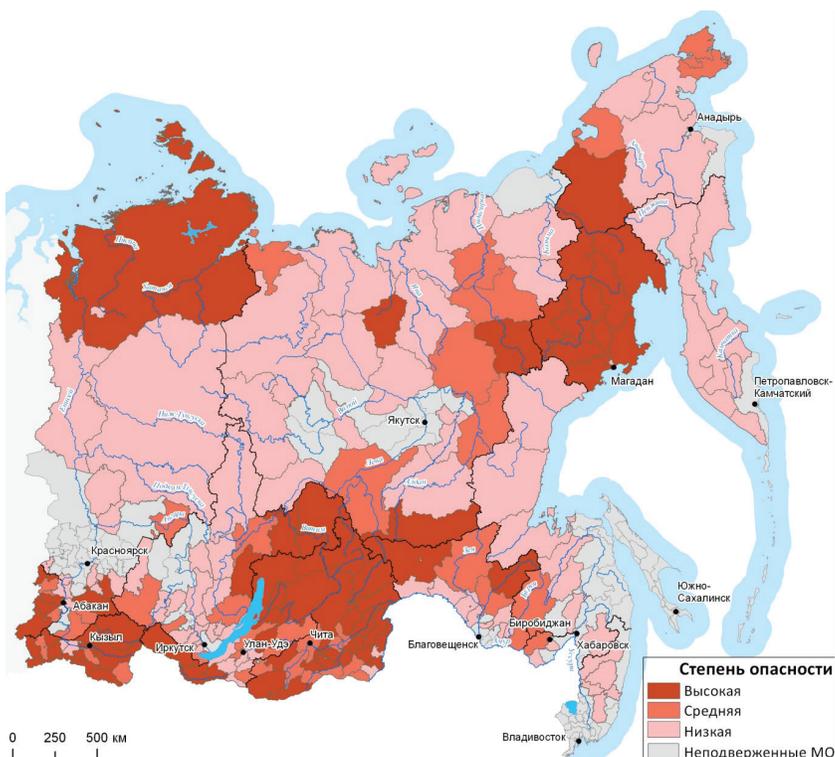


Рис. 2.2.3. Степень опасности курумов для авто- и железных дорог в начале XXI века по муниципальным образованиям территории Восточной Сибири и Дальнего Востока

Наибольшие по площади территории с высокой степенью опасности курумов и каменных глетчеров для автомобильных и железных дорог отмечаются в муниципальных образованиях Магаданской области, севера Красноярского края, в Забайкальском крае, Республиках Бурятия и Тыва, в северо-западных районах Иркутской области и на севере Амурской области. Территории с низкой степенью опасности курумов и каменных глетчеров для автомобильных и железных дорог занимают наибольшие площади в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке (рис. 2.2.3).

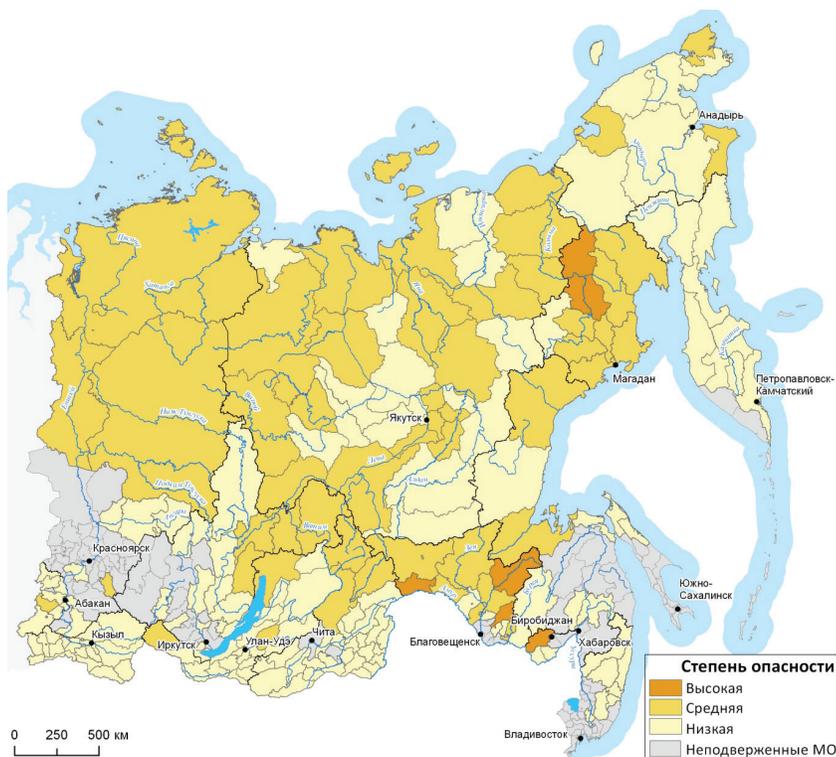


Рис. 2.2.4. Степень опасности термоэрозии и термоабразии для автомобильных и железных дорог в начале XXI века по муниципальным образованиям на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока

Высокая степень опасности термоэрозии и термоабразии на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока имеет ограниченное распространение (рис. 2.2.4). На территории Магаданской области это Среднеканский и Ягоднинский районы, в Амурской области — Селемджинский, Ромнинский, Сквородинский районы, в Еврейской автономной области — Облученский район.

Неопасные территории в отношении термоэрозии расположены на юге Красноярского края, в Иркутской области, Хабаровском и Приморском краях, в отдельных муниципальных образованиях Забайкальского края (около г. Чита), Амурской области, Еврейской автономной области, а также в средней и южной частях Сахалинской области. Отсутствует опасность термоэрозии на юге Камчатского полуострова на его западном побережье.

Наибольшие площади со средней степенью опасности термоэрозии и термоабразии для авто- и железных дорог занимают в Красноярском крае, Республике Саха (Якутия), Магаданской и Амурской областях. Районы с низкой степенью термоэрозии преобладают на территориях муниципальных образований Чукотского автономного округа, Камчатского и Забайкальского краёв, Республик Тыва и Бурятия.

Развитие термокарста на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока отмечается в большинстве субъектов. Преобладают территории с низкой степенью опасности термокарста для автомобильных и железных дорог (рис. 2.2.5).

В отдельных районах на юге Камчатского края, юга Красноярского края, в Иркутской области, юге Хабаровского края, центральных и южных частях острова Сахалин, юге Приморского края явления термокарста не развиваются.

Высокая степень опасности термокарста развита на равнинных территориях муниципальных образований Республики Саха (Якутия), Чукотского автономного округа.

Средняя степень опасности термокарста для автомобильных и железных дорог отмечается в Таймырском Дол-

гано-Ненецком автономном округе Красноярского края, Чукотском автономном округе, севере Камчатского края, юге Магаданской области и в Республике Саха (Якутия).

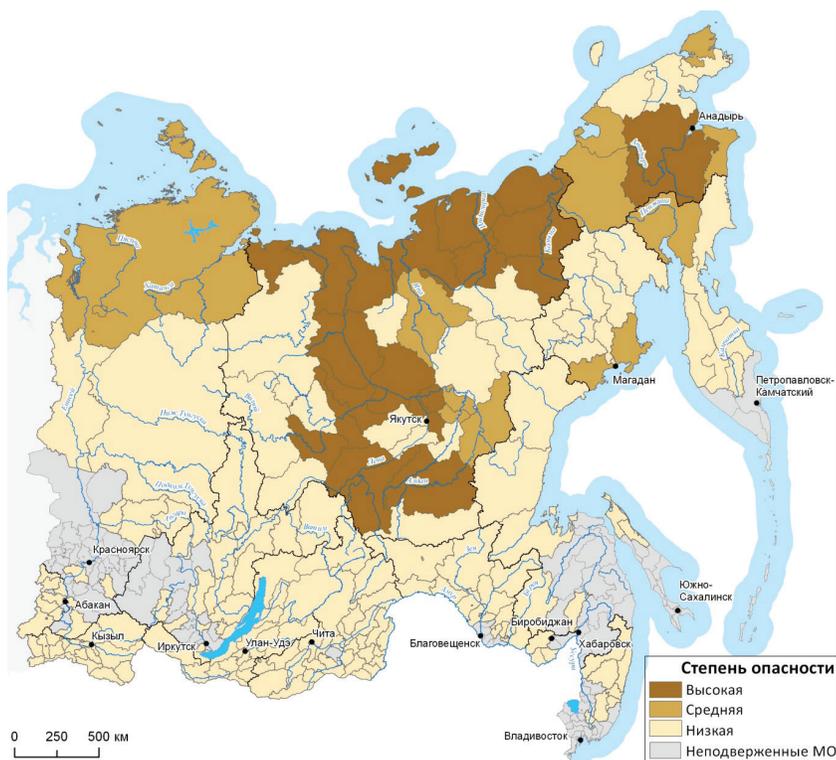


Рис. 2.2.5. Степень опасности термокарста для автомобильных и железных дорог в начале XXI века по муниципальным образованиям на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока

Наледи распространены практически повсеместно на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока. Наибольшие площади с высокой степенью опасности наледей для автомобильных и железных дорог приурочены к территориям муниципальных образований Красноярского края, Иркутской области, Забайкальского края, Республики Тыва, Магаданской области и Чукотского автономного округа (рис. 2.2.6).

Наибольшие площади распространения с низкой степенью опасности наледей для автомобильных и железных дорог характерны для территорий Республики Саха (Якутия), Камчатского, Хабаровского и Приморского краёв, Еврейской автономной области и Иркутской области.

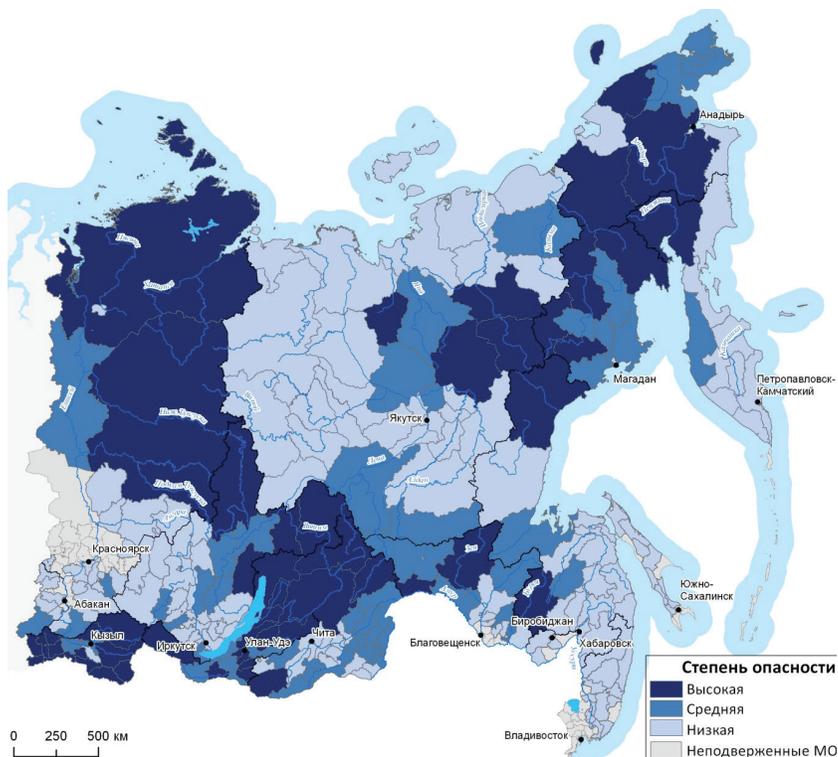


Рис. 2.2.6. Степень опасности наледей для автомобильных и железных дорог в начале XXI века по муниципальным образованиям на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока

По составленным картам степени опасности этих процессов была построена карта суммарной степени опасности геокриологических процессов на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока (рис. 2.2.7).

На территории Восточной Сибири и Дальнего Востока отмечается существенная дифференциация по проявлению тех или иных опасных криогенных процессов и степени их опасности. Особой контрастностью выделяется Красноярский край, в пределах которого встречаются разные типы вечной мерзлоты, а также южные регионы с глубоким сезонным промерзанием (2,5–3 м), где на автомобильные и железные дороги оказывают негативное влияние неравномерные деформации пучения при промерзании деятельного слоя и его осадке.

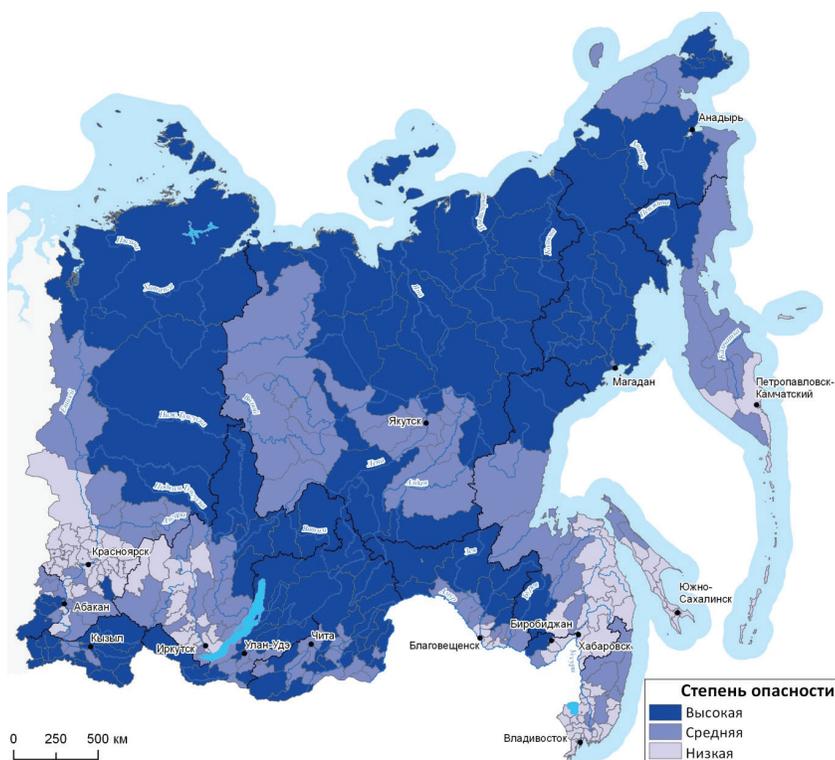


Рис. 2.2.7. Суммарная степень опасности геокриологических процессов в начале XXI века для автомобильных и железных дорог по муниципальным образованиям на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока

Минимальные негативные воздействия на автомобильные и железные дороги от активизации опасных геокриологических процессов характерны для Сахалинской области, юга Приморского и Хабаровского краёв, восточной части Еврейской автономной области, отдельных муниципальных образований Иркутской области и юга (исключая горные районы) Красноярского края, а также двух муниципальных образований Камчатского края, т. е. для более южных регионов, где вечная мерзлота отсутствует или имеет островное распространение, но сезонное промерзание грунтов может достигать больших глубин. В этих районах отмечается наименьшая степень опасности геокриологических процессов (см. рис. 2.2.7).

Наибольшие площади территорий с высокой степенью опасности геокриологических процессов для транспортных коммуникаций в начале XXI века характерны для северной и центральной частей Красноярского края, юга Республики Хакасия, почти всей территории Республик Тыва, Бурятия, Забайкальского края, севера и северо-востока Иркутской области, севера Амурской области, юго-запада и севера Хабаровского края, севера Камчатского края. Наибольшие площади высокой степени опасности геокриологических процессов распространены на территории Республики Саха (Якутия). Они охватывают южную, а также северную и центральную части Республики Саха (Якутия). Территория Магаданской области и около 80% территории Чукотского автономного округа подвержены высокой степени опасности геокриологических процессов.

К середине XXI века практически не изменится степень опасности морозобойного растрескивания для транспортных коммуникаций во всех субъектах на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока. Изменения коснутся лишь отдельных муниципальных образований, где степень морозобойного растрескивания увеличится со средней до высокой: Эвенкийский район и г. Норильск (Красноярский край), Каларский район (Забайкальский край), Нюрбинский (Республика Саха (Якутия)), Билибинский и Иульгинский рай-

оны (Чукотский автономный округ). Степень опасности морозобойного растрескивания увеличится с низкой до средней в Томпонском, Усть-Майском и Чурапчинском улусах Республики Саха (Якутия). К середине XXI века уменьшится степень опасности морозобойного растрескивания для транспортных коммуникаций со среднего до низкого значения в Аяно-Майском районе Хабаровского края.

Опасность морозного пучения для транспортных коммуникаций к середине XXI века повысится практически во всех субъектах Восточной Сибири и Дальнего Востока, за исключением Республики Тыва, Хакасия и Приморского края. Наибольший рост опасности морозного пучения будет отмечаться в центральных районах Красноярского края, Иркутской области, Республике Бурятия, Забайкальском и Камчатском краях и на равнинных территориях Республики Саха (Якутия).

Степень опасности термокарста для транспортных коммуникаций к середине XXI века увеличится на севере Красноярского края и Чукотского автономного округа, в Магаданской области она снизится со средней до низкой. На остальной территории Восточной Сибири и Дальнего Востока степень опасности термокарста для транспортных коммуникаций останется неизменной.

В наибольшей степени на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока к середине XXI века увеличится опасность термоэрозии и термоабразии. Рост опасности термоэрозии и термоабразии будет отмечаться во всех субъектах этой территории, за исключением центральных и южных районов Камчатского края.

Рост степени опасности наледей для транспортных коммуникаций к середине XXI века будет отмечаться на юге Республика Саха (Якутия), в Магаданской и Амурской областях, на остальной территории степень опасности наледей практически не изменится.

Степень опасности курумов и каменных глетчеров для транспортных коммуникаций к середине XXI века на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока не претерпит

серьёзных изменений. Они коснутся лишь территорий отдельных муниципальных образований западной части Республики Саха (Якутия), Чукотского автономного округа, юга Красноярского и Хабаровского краёв в пределах горных территорий.

В целом можно сказать, что к середине XXI века степень опасности геокриологических процессов для транспортных коммуникаций увеличится, особенно в арктических и субарктических районах, а также на севере Забайкальского края и Амурской области.

2.3 Снежные лавины

Лавинная опасность для автомобильных и железных дорог наблюдается во всех субъектах Восточной Сибири и Дальнего Востока (рис. 2.3.1.).

Высокая степень лавинной опасности для автомобильных и железных дорог наблюдается в трёх муниципальных образованиях Красноярского края: Ермаковском и Курагинском районах, а также в городском округе Шарыпово. Средняя степень лавинной опасности в Красноярском крае наблюдается в городском округе Норильск, Таймырском Долгано-Ненецком, Каратузском, Ирбейском, Партизанском, Манском, Саянском, Шушенском и Шарыповском районах. Низкая степень лавинной опасности характерна для муниципальных районов Красноярского края: Северо-Енисейского; Идринского; Иланского; Балахтинского; Туруханского; Новосёловского; Ужурского; Енисейского и Берёзовского, а также городского округа Дивногорск. В остальных муниципальных образованиях Красноярского края лавинная опасность для автомобильных и железных дорог отсутствует.

Лавинная опасность для транспортных коммуникаций существует в большинстве муниципальных образований республики Хакасия. Высокая степень лавинной опасности в республике Хакасия характерна для трёх муниципальных районов: Орджоникидзевского; Аскизского и Таштыпского. Средняя степень лавинной опасности характерна для пяти

муниципальных образований Хакасии: Бейского, Ширинского и Усть-Абаканского районов; городских округов Абаза и Сорск. Низкая степень лавинной опасности характерна для Боградского района и городского округа Саяногорск. В оставшихся муниципальных образованиях лавинная опасность отсутствует.

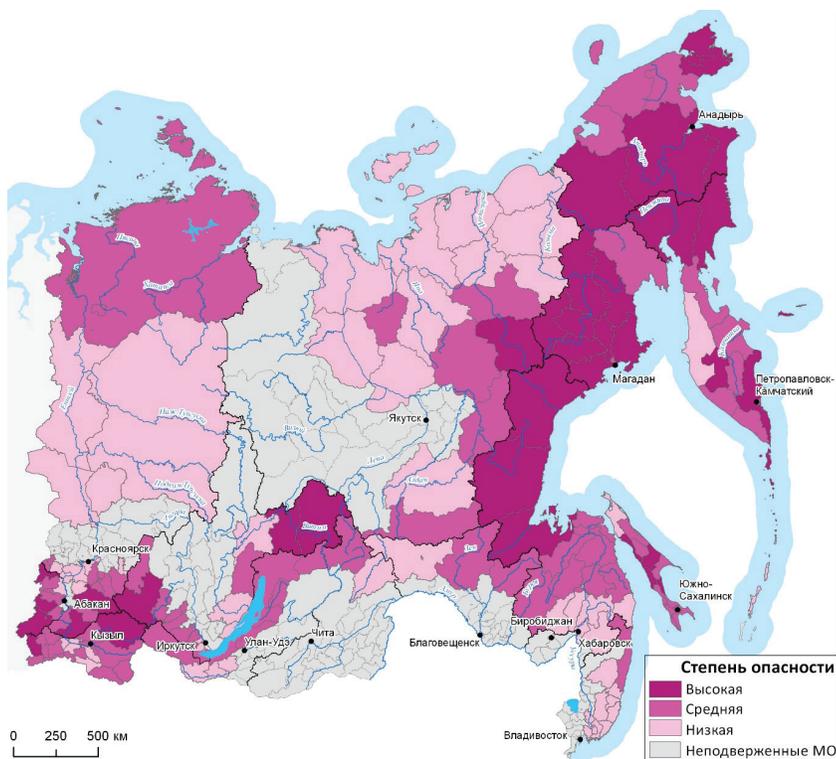


Рис. 2.3.1. Степень лавинной опасности для авто- и железных дорог по муниципальным образованиям на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока в начале XXI века

В республике Тыва во всех муниципальных районах существует лавинная опасность для автомобильных и железных дорог, за исключением двух городских округов: Ак-Довурак и Кызыл. Высокая лавинная опасность характерна для двух муниципальных образований: Бай-Тайгинского

кожууна и Тоджинского кожууна. Низкая степень лавинной опасности наблюдается в четырех муниципальных образованиях (кожуунах): Улуг-Хемском, Чаа-Хольском, Тес-Хемском и Тандинском. Во всех остальных муниципальных образованиях наблюдается низкая степень лавинной опасности для автомобильных и железных дорог.

Муниципальные районы со средней и низкой степенью лавинной опасности характерны для республики Бурятия. Районы со средней степенью лавинной опасности расположены преимущественно в восточной части республики. Муниципальные районы с низкой степенью лавинной опасности для транспортных коммуникаций расположены в южной части республики: Селенгинский, Джидинский и Закаменский. Во всех остальных муниципальных образованиях, расположенных в восточной части республики, лавинная опасность отсутствует.

В большинстве муниципальных районов Иркутской области лавинная опасность для автомобильных и железных дорог отсутствует. В то же время, в Иркутской области расположено три муниципальных района с высокой степенью лавинной опасности для транспортных коммуникаций: один на западе области — Нижнеудинский; два на востоке — Бодайбинский и Мамско-Чуйский. Для восьми муниципальных районов характерна средняя степень лавинной опасности: Тулунского, Казачинско-Ленского, Заларинского, Усольского, Черемховского, Тайшетского, Слюдянского и Зиминского. Низкая степень лавинной опасности характерна для пяти муниципальных районов, расположенных в восточной части Иркутской области: Качугского, Ольхонского, Киренского, Шелеховского районов и Ангарского городского округа.

В большинстве муниципальных районов Забайкальского края лавинная опасность для автомобильных и железных дорог отсутствует. Лавинная опасность в Забайкальском крае характерна для двух муниципальных районов, расположенных в северной его части: средняя степень опасности наблюдается в Каларском районе, а низкая — в Тунгиро-Олёкминский районе.

Лавинная опасность для автомобильных и железных дорог отсутствует в западных муниципальных образованиях Республики Саха (Якутия). Единственный район с высокой степенью лавинной опасности расположен в восточной части республики — Оймяконский улус. Также преимущественно в восточной части республики расположены муниципальные районы со средней степенью лавинной опасности, к которым относятся: Момский улус, Усть-Майский улус, Томпонский улус, Нерюнгринский улус. Один район со средней степенью лавинной опасности расположен в центральной части республики — Эвено-Бытантайский национальный улус. Низкая степень лавинной опасности наблюдается в муниципальных образованиях (улусах) Республики Саха (Якутия): Верхнеколымском, Нижнеколымском, Среднеколымском, Булуномском, Аллаиховском, Абыйском, Верхоянском, Жиганском, Кобяйском и Алданском.

В большинстве муниципальных образований Амурской области, расположенных в южной её части, лавинная опасность для авто- и железных дорог отсутствует. Средняя степень лавинной опасности наблюдается в двух муниципальных образованиях Амурской области, расположенных в северной её части: Селемджинском и Зейском районах. Низкая степень лавинной опасности наблюдается в двух муниципальных образованиях: Тындинском районе и городском округе Зея.

Низкая степень лавинной опасности в пределах территории Еврейской автономной области характерна для Облученского муниципального образования

Высокая лавинная опасность наблюдается в большинстве муниципальных образований Магаданской области, за исключением двух расположенных там городских округов (Северо-Эвенского и г. Магадан), для которых характерна средняя степень лавинной опасности.

Высокая степень лавинной опасности наблюдается также в большинстве муниципальных образований Чукотского автономного округа. Исключением являются Чаунский, Иультинский и Шмидтовский районы, где отмечается средняя

степень лавинной опасности, а также городской округ Анадырь, где лавинная опасность отсутствует.

Лавинная опасность для автомобильных и железных дорог отмечается во всех муниципальных образованиях Камчатского края. Высокая степень лавинной опасности в Камчатском крае наблюдается в Алеутском, Олюторском, Пенжинском, Быстринском и Елизовском районах. Средняя степень лавинной опасности в Камчатском крае наблюдается в Мильковском, Соболевском, Усть-Большерецком, Усть-Камчатском, Карагинском районах и Петропавловск-Камчатском городском округе. Низкая степень лавинной опасности на Камчатке наблюдается в Тигильском районе.

Лавинная опасность характерна для большинства муниципальных образований Хабаровского края, за исключением Вяземского и Бикинского районов, а также городских округов Комсомольск-на-Амуре и Хабаровск, где лавинная опасность отсутствует. Высокая степень лавинной опасности наблюдается в трёх северных муниципальных районах Хабаровского края: Тугуро-Чумиканском, Аяно-Майском и Охотском. Средняя степень лавинной опасности характерна для муниципальных районов, расположенных в центральной части Хабаровского края: Николаевском, Ульчском, Ванинском, Солнечном, Верхнебуреинском, Комсомольском и имени Полины Осипенко. Низкая степень лавинной опасности характерна для южных районов Хабаровского края: Нанайского, Советско-Гаванского, Амурского, Хабаровского и имени Лазо.

Высокая степень лавинной опасности наблюдается в центральных муниципальных образованиях Сахалинской области: Углегорском и Александровск-Сахалинском районах; Северо-Курильском, Макаровском и Смирныховском городских округах. Низкая степень лавинной опасности отмечается в двух городских округах Сахалинской области: Курильском и Охинском. Для всех остальных муниципальных образований характерна средняя степень лавинной опасности, за исключением Южно-Курильского городского округа, где лавинная опасность отсутствует.

Лавинная опасность для автомобильных и железных дорог отсутствует в муниципальных образованиях Приморского края, расположенных в восточной его части. Средняя степень лавинной опасности наблюдается в Тернейском районе. Наибольшие площади занимают территории с низкой степенью лавинной опасности для автомобильных и железных дорог.

В целом, для территории Восточной Сибири и Дальнего Востока наибольшие площади характерны для районов с низкой и средней степенью лавинной опасности. Территории муниципальных образований с высокой степенью лавинной опасности для автомобильных и железных дорог широко распространены и сконцентрированы преимущественно в юго-западной и восточной частях территории, а также в Иркутской области.

К середине XXI века по отношению к началу XXI века на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока ожидается уменьшение лавинной опасности, но не во всех муниципальных образованиях будет происходить переход из одной градации лавинной опасности в другую (рис. 2.3.2).

Во всех муниципальных образованиях Красноярского края, Республик Хакасия, Тыва степень лавинной опасности для автомобильных и железных дорог к середине XXI века останется без изменений. Ожидается понижение степени лавинной опасности в двух муниципальных образованиях Иркутской области (Бодайбинском и Мамско-Чуйском районах) с высокой до средней степени. Во всех остальных муниципальных образованиях Иркутской области степень лавинной опасности останется без изменений.

В Республике Саха (Якутия) степень лавинной опасности понизится с высокой до средней в восточной части, в Оймяконском улусе. Во всех остальных муниципальных образованиях республики степень лавинной опасности останется без изменений.

Степень лавинной опасности для транспортных коммуникаций понизится во многих муниципальных образованиях Хабаровского края. В Аяно-Майском и Охотском районах в середине XXI века ожидается средняя степень лавинной

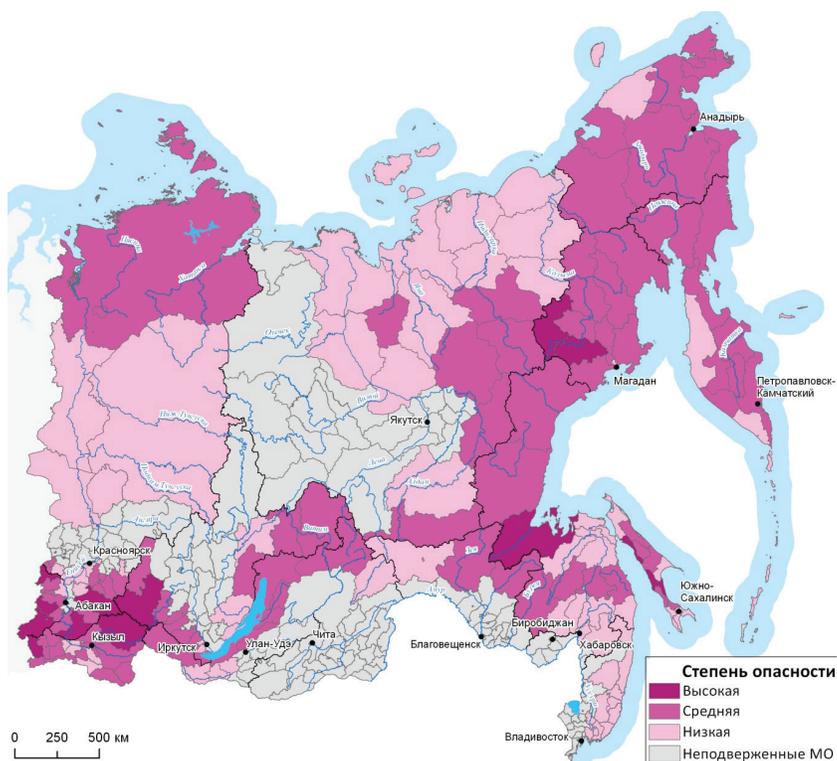


Рис. 2.3.2. Степень лавинной опасности для авто- и железных дорог по муниципальным образованиям на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока в середине XXI века

опасности. В Николаевском, Ульчском районах и районе имени Полины Осипенко ожидается низкая степень лавинной опасности. Во всех остальных муниципальных образованиях Хабаровского края степень лавинной опасности останется без изменений по отношению к началу XXI в.

В большинстве муниципальных образований Магаданской области, Чукотского автономного округа также ожидается понижение степени лавинной опасности к середине XXI века. Степень лавинной опасности для автомобильных и железных дорог останется без изменений в трёх городских округах Магаданской области (Северо-Эвенский, Сусуман-

ский и Тенькинский). В пределах Чукотского автономного округа степень лавинной опасности останется без изменений в Иультинском и Чаунском районах.

На территории Камчатского края также ожидается понижение степени лавинной опасности к середине XXI века. В Быстринском, Елизовском, Олюторском, Пенжинском районах и Петропавловск-Камчатском городском округе степень лавинной опасности понизится до средней, а в Алеутском и Усть-Большерецком районах — до низкой степени.

В южных муниципальных образованиях Сахалинской области (Анивский, Корсаковский, Невельский, Северо-Курильский, Холмский районы и городской округ Южно-Сахалинск) также ожидается понижение лавинной опасности к середине XXI века до низкой степени. В Смирныховском городском округе ожидается понижение степени лавинной опасности до средней степени.

На территориях Республик Бурятия, Хакасия, Тыва, Красноярского, Забайкальского, Приморского краёв, Еврейской автономной области и Амурской области степень лавинной опасности для автомобильных и железных дорог к середине XXI века останется без изменений.

В целом же степень лавинной опасности для транспортных коммуникаций в середине XXI века будет снижаться, особенно это касается лавиноопасных районов в пределах севера Хабаровского края, горных районов Магаданской области, Чукотского автономного округа и Камчатского края.

2.4 Селевые потоки

Наиболее селеопасными районами для автомобильных и железных дорог в начале XXI века являются территории отдельных муниципальных образований Республики Саха (Якутия) в пределах Булунского, Жиганского, Эвено-Батынтайского, Кобайского, Оймяконского, Момского Вернеколымского улусов, Камчатского края в пределах Елизовского, Мильковского и Усть-Камчатского районов. На территории Хабаровского края высокая степень селевой опасности для

авто- и железных дорог отмечается в Охотском и Аяно-Майском районах. В Восточной Сибири высокая степень селевой опасности для авто- и железных дорог в пределах Забайкальского края отмечается только в Каларском районе, в Иркутской области — в Качугском и Слюдянском районах, в Республике Бурятия — в Закаменском, Тункинском и Окинском районах и в Красноярском крае — в Курагинском районе. Наибольшие площади со средней степенью селевой опасности для авто- и железных дорог расположены на плато Путорана, на территории Республики Саха (Якутия), Иркутской области и Забайкальского края. Наибольшие площади с низкой степенью селевой опасности характерны для Чукотского автономного округа, Хабаровского края, Амурской и Сахалинской областей (рис. 2.4.1).

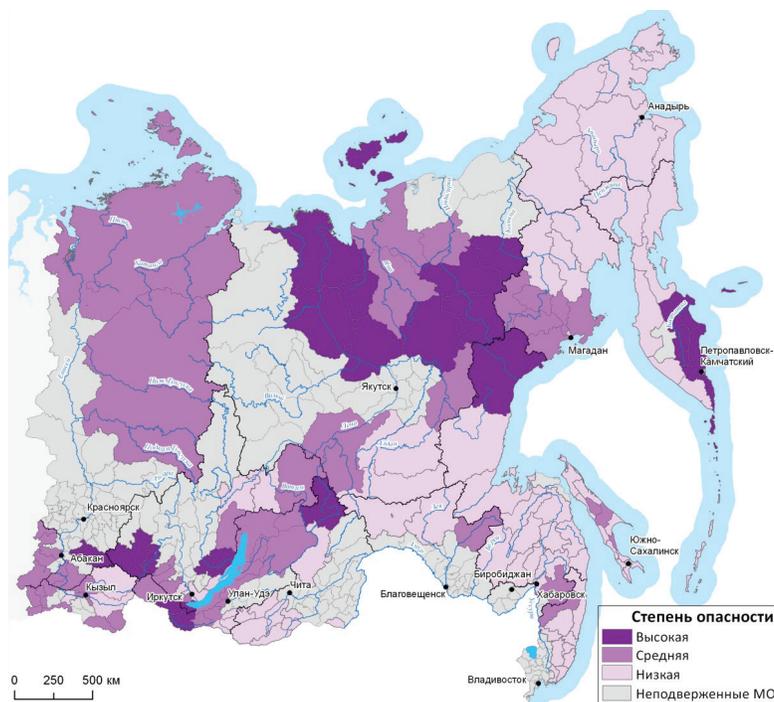


Рис. 2.4.1. Степень селевой опасности для авто- и железных дорог по муниципальным образованиям на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока в начале XXI века

К середине XXI века на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока степень селевой опасности уменьшится практически во всех субъектах (рис. 2.4.2).

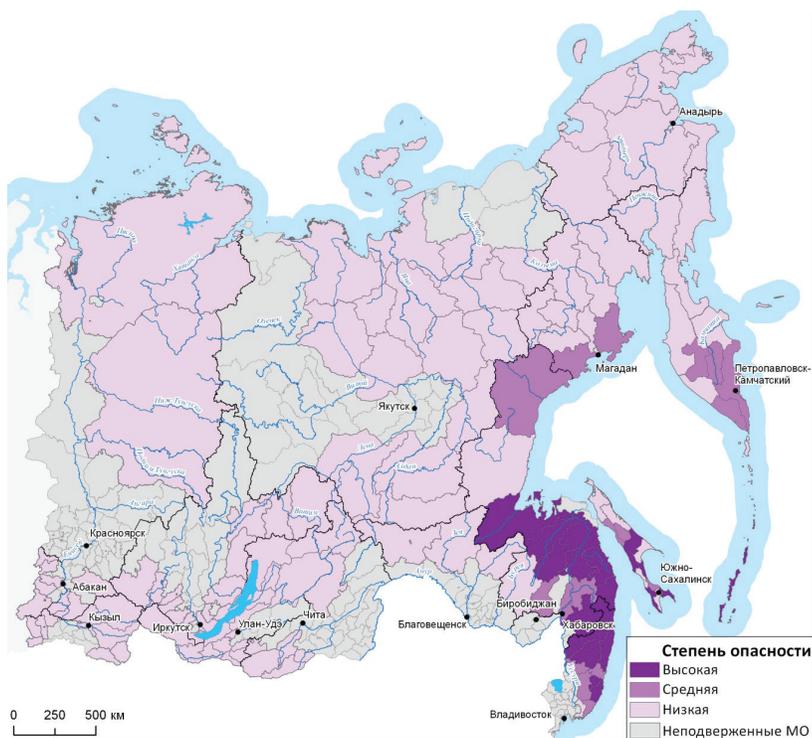


Рис. 2.4.2. Степень опасности селевых потоков для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям территории Восточной Сибири и Дальнего Востока в середине XXI века

В Чукотском автономном округе, Красноярском крае, Республиках Хакассия, Тува, Бурятия, Забайкальском крае, Иркутской области степень селевой опасности уменьшится до низкой во всех муниципальных образованиях.

В Магаданской области в большинстве муниципальных образований степень селевой опасности к середине XXI века останется прежней и будет характеризоваться низкой степенью. В Ольгинском районе степень селевой опасности

не изменится и будет характеризоваться средней степенью. Снижение степени селевой опасности со средней до низкой для транспортных коммуникаций к середине XXI века будет отмечаться в Хасынском, Тенькинском, Сусуманском и Ягоднинском районах.

В Камчатском крае степень селевой опасности снизится до низкой во всех муниципальных образованиях, кроме Усть-Большерецкого, Елизовского, Мильковского и Быстринского муниципальных районов. В Елизовском и Мильковском районах степень селевой опасности к середине XXI века с высокой снизится до средней, в Усть-Большерецком и Быстринском районах она увеличится до средней степени.

В Республике Саха (Якутия) степень селевой опасности для транспортных коммуникаций к середине XXI века снизится с высокой и средней до низкой в следующих муниципальных образованиях: Верхоянском, Кобяйском, Момском, Оймяконском, Томпонском, Усть-Майском, Усть-Янском и Эвено-Бытатантайском.

В Хабаровском крае в большинстве муниципальных образований к середине XXI века будет отмечаться повышение степени селевой опасности для транспортных коммуникаций, за исключением Охотского района, где степень селевой опасности снизится с высокой до средней. В Тугуро-Чумиканском муниципальном образовании и районах, расположенных южнее по территории края, степень селевой опасности возрастёт до высокой, за исключением Хабаровского и Комсомольского районов, где степень селевой опасности возрастёт до средней степени. В Верхнебуреинском и Николаевском муниципальных образованиях степень селевой опасности останется на прежнем уровне и будет характеризоваться низкой степенью селевой опасности.

В Приморском крае к середине XXI века степень селевой опасности увеличится практически во всех муниципальных районах с низкой до средней и на севере края до высокой.

В Сахалинской области в целом степень селевой опасности к середине XXI века возрастёт в большинстве муниципальных образований. Рост степени селевой опасности будет отмечаться в Невельском, Холмском, Корсаковском, Анивском, Макаровском, Смирныховском и Углегорском муниципальных образованиях с низкой до высокой, а в Долинском, Южно-Сахалинском и Александров-Сахалинском муниципальных образованиях повысится с низкой до средней степени селевой опасности. На Курильских островах повышение степени селевой опасности к середине XXI века будет отмечаться на южных и центральных островах гряды, на о. Парамушир будет снижение селевой опасности.

В Амурской области будет снижение степени селевой опасности в Селемджинском районе со средней до низкой степени селевой опасности. В остальных районах Амурской области степень селевой опасности для транспортных коммуникаций останется низкой.

В целом к середине XXI века на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока будет отмечаться снижение степени селевой опасности для транспортных коммуникаций на большей части её территории до низкой степени. Повышение степени селевой опасности охватит центральные и южные районы Хабаровского края, некоторые муниципальные образования Приморского края, Сахалинской области, а также южные и центральные острова Курильской гряды, где степень селевой опасности возрастёт до высоких значений.

2.5 Комплексная оценка опасности природных процессов для транспортных коммуникаций в начале и середине XXI века

На начало XXI века суммарная опасность природных процессов (геокриологические процессы, наводнения, снежные лавины, селевые потоки) для транспортных коммуникаций

на большей части территории Восточной Сибири и Дальнего Востока характеризуется высокой степенью. Анализ карты комплексной степени опасности природных процессов на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока показал, что территории Магаданской области, большие части Чукотского автономного округа, Республики Саха (Якутия), Амурской области, Забайкальского края, Республики Бурятия и Республики Тыва характеризуются высокой степенью опасности природных процессов для автомобильных и железных дорог (рис. 2.5.1).

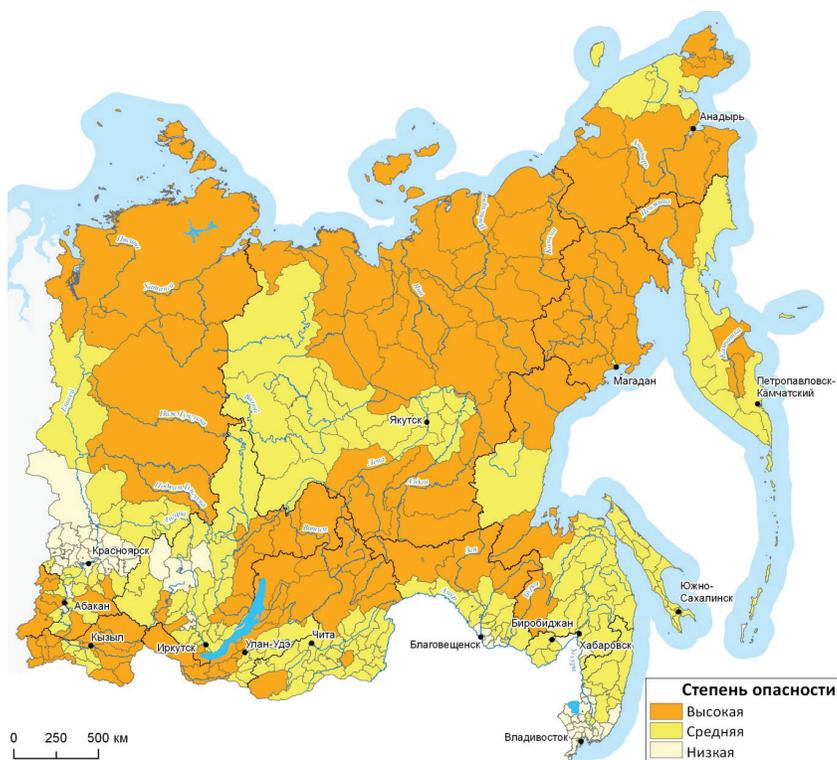


Рис. 2.5.1. Суммарная степень опасности природных процессов для автомобильных и железных дорог по муниципальным образованиям на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока на начало XXI века

Наибольшее распространение территории со средней степенью опасности природных процессов для транспортных коммуникаций получили в Приморском и Хабаровском краях. На территориях Сахалинской области и Еврейской автономной области суммарная степень опасности природных процессов для транспортных коммуникаций характеризуется средней степенью во всех муниципальных образованиях.

Территории с низкой степенью природной опасности отмечаются на юге Красноярского и Приморского краёв, в отдельных муниципальных образованиях Иркутской и Амурской областей.

К середине XXI века картина распространения районов с различной суммарной степенью опасности природных процессов для транспортных коммуникаций практически не изменится (рис. 2.5.21). При общем увеличении значений суммарной степени опасности природных процессов на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока, на большей части территории она будет характеризоваться высокой степенью опасности. В то же время в отдельных муниципальных образованиях суммарная степень опасности природных процессов будет увеличиваться, а в других уменьшаться.

На территории Чукотского автономного округа суммарная степень опасности в Шмидтовском районе изменится со средней на высокую, в остальных районах она останется неизменной.

В Магаданской области территории муниципальных образований в середине XXI века будут характеризоваться, как и в начале века, высокой степенью опасности природных процессов для транспортных коммуникаций.

Суммарная степень опасности природных процессов для транспортных коммуникаций на территории Камчатского края уменьшится с высокой до средней степени в Усть-Камчатском и Мильковском районах. В остальных районах суммарная степень опасности не изменится.

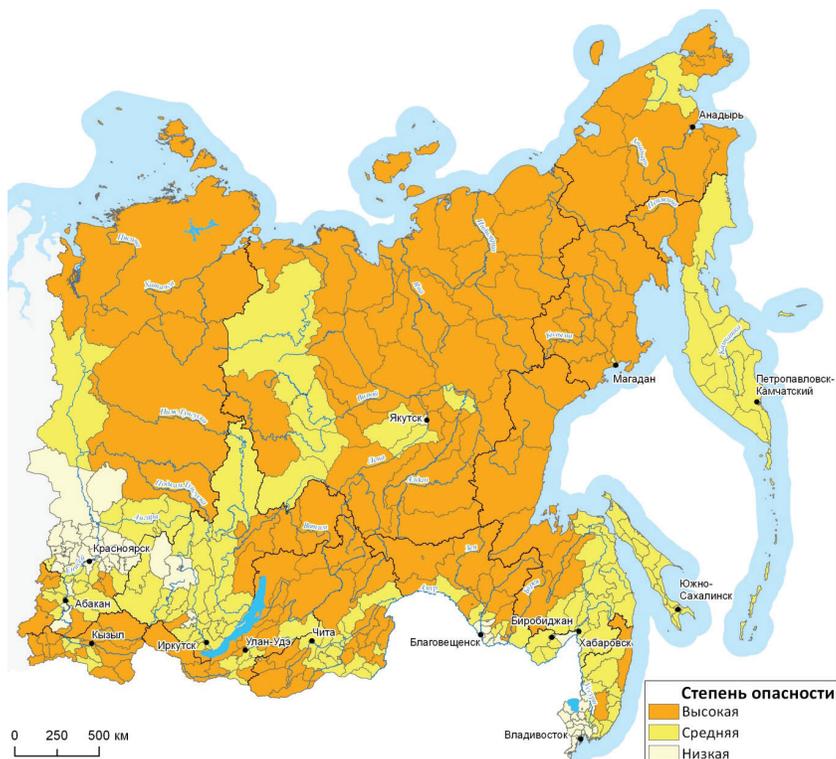


Рис. 2.5.2. Суммарная степень опасности природных процессов для автомобильных и железных дорог по муниципальным образованиям на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока на середину XXI века

При общем увеличении значений степени опасности природных процессов на территории Республики Саха (Якутия) к середине XXI века для транспортных коммуникаций в большинстве муниципальных образований категория суммарной степени опасности природных процессов не изменится и останется высокой. Увеличение суммарной степени опасности природных процессов со средней до высокой к середине XXI века будет отмечаться в Мирнинском, Вилюйском, Верневилуйском, Намском, Усть-Алданском, Мегино-Кангаласком, Чурапчинском и Амгинском улусах.

В Красноярском крае суммарная степень опасности природных процессов для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям к середине XXI века в основном останется прежней. Снижение степени опасности с высокой до средней будет отмечаться только в Курагинском районе, а увеличение степени опасности со средней до высокой — в Партизанском районе.

Незначительные изменения суммарной степени природных процессов к середине XXI века будут наблюдаться в Иркутской области (увеличение с низкой до средней в Нижнеилимском районе, снижение суммарной степени опасности с высокой до средней в Качугском, Тулунском, Шелеховском районах).

На территории Республики Хакасия в большинстве муниципальных образований степень опасности природных процессов останется неизменной, за исключением Усть-Абаканского района, где будет отмечаться снижение суммарной степени опасности с высокой до средней.

Не изменится суммарная степень опасности природных процессов к середине XXI века на большей части территории Республики Тыва (за исключением Чеди-Хольского района — увеличение со средней до высокой) и Республики Бурятия (снижение с высокой до средней степени в Селенгинском районе и увеличение со средней до высокой степени опасности в Бичурском, Хоринском и Кижигинском районах).

В Забайкальском крае увеличение суммарной степени опасности природных процессов со средней до высокой будет отмечаться на юге края: в Петровск-Забайкальском, Хилокском, Улетовском, Кыринском, Акшинском, Балейском, Александро-Заводском, Приаргунском, Шелапутинском, Сретинском, Газимуро-Заводском и Нерчинско-Заводском районах. В остальных районах суммарная степень опасности природных процессов останется неизменной.

На территории Амурской области увеличение степени опасности природных процессов к середине XXI века со средней до высокой будет отмечаться в Сковородинском,

Шимановском, Мазановском, Ромненском, Бурейском и Михайловском районах. Снижение суммарной степени опасности природных процессов для транспортных коммуникаций до низкой степени будет отмечаться в Белогорском районе.

Увеличение суммарной степени опасности природных процессов к середине XXI века будет наблюдаться на территории Хабаровского края в Аяно-Майском, имени Полины Осипенко и Солнечном районах.

В Приморском крае увеличение со средней до высокой степени суммарной опасности природных процессов к середине XXI века будет отмечаться в Тернейском и Уссурийском районах, с низкой до средней — в Лазовском, Ольгинском и Партизанском районах.

В Еврейской автономной области и Сахалинской области суммарная степень опасности природных процессов для транспортных коммуникаций к середине XXI века останется неизменной.

Таким образом, на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока большинство муниципальных образований к середине XXI века будут характеризоваться высокой степенью суммарной опасности природных процессов для транспортных коммуникаций, и число таких муниципальных образований возрастёт. Лишь отдельные муниципальные образования будут характеризоваться снижением степени опасности природных процессов на территориях Камчатского и Красноярского краёв, Республик Хакасия и Бурятия, Иркутской и Амурской областей.

3. РИСК ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ И ДАЛЬНЕ- ГО ВОСТОКА

3.1 Наводнения

Это единственное рассматриваемое опасное природное явление, негативное воздействие которого на транспортные коммуникации отмечается во всех без исключения муниципальных образованиях Восточной Сибири и Дальнего Востока. Для него характерны самые высокие риски для транспортных коммуникаций — 204,6 млрд рублей в год. По субъектам распределение рисков наводнений для транспортных коммуникаций показано в таблице 3.1.1.

Таблица 3.1.1.

Распределение рисков наводнений по субъектам для транспортных коммуникаций на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока на начало XXI века

Субъект	Риск наводнений, млрд рублей	Доля от общего значения риска, %
Чукотский автономный округ	0,4	0
Камчатский край	3,9	2
Хабаровский край	42,6	21
Республика Саха (Якутия)	20,7	10
Приморский край	54,6	27
Сахалинская область	11,6	6
Амурская область	18,8	9
Еврейская автономная область	2,5	1
Магаданская область	0,7	0
Забайкальский край	6,7	3
Красноярский край	3,3	2
Республика Хакасия	0,7	0
Иркутская область	32,6	16
Республика Тыва	0,1	0
Республика Бурятия	5,4	3
Всего	204,6	100

Наибольшие значения риска наводнений для транспортных коммуникаций отмечаются в Хабаровском (42,6 млрд рублей в год) и Приморском (54,6 млрд рублей в год) краях, Иркутской области (32,6 млрд рублей в год), в совокупности на эти территории приходится 64% риска наводнений Восточной Сибири и Дальнего Востока. Наименьшие значения риска наводнений имеются в Республике Тыва, Магаданской области и Чукотском автономном округе, где они не превышают 0,7 млрд рублей в год.

Наибольший риск наводнений для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям отмечается в тех, которые расположены в бассейне р. Амур (рис. 3.1.1): город-

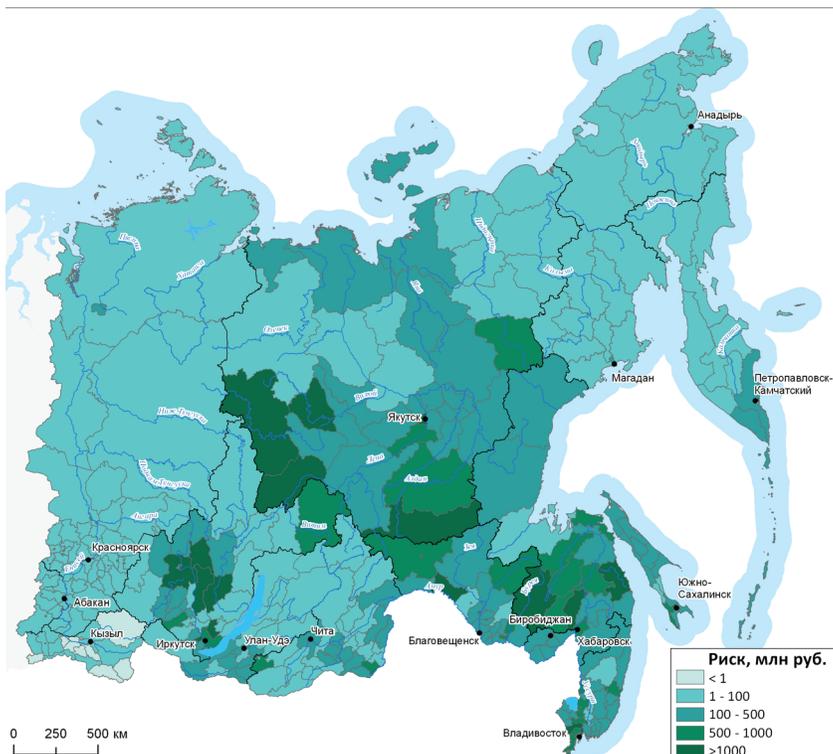


Рисунок 3.1.1. Риск наводнений для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям Восточной Сибири и Дальнего Востока в начале XXI века

ской округ Комсомольск-на-Амуре (8,7 млрд рублей в год), городской округ Хабаровск (23,8 млрд рублей в год), городской округ Благовещенск (8,0 млрд рублей в год), а также городской округ Владивосток (29,8 млрд рублей в год).

Наименьшие значения риска наводнений отмечаются во всех муниципальных образованиях Республики Тыва (менее 1,5 млн рублей в год) и Беринговском муниципальном образовании Чукотского автономного округа (2,8 млн руб. в год).

К середине XXI века наибольшие значения риска наводнений для транспортных коммуникаций также будут характерны для Хабаровского (47,7 млрд руб. в год) и Приморского (59,9 млрд руб. в год) краёв, Иркутской области (37,6 млрд руб.

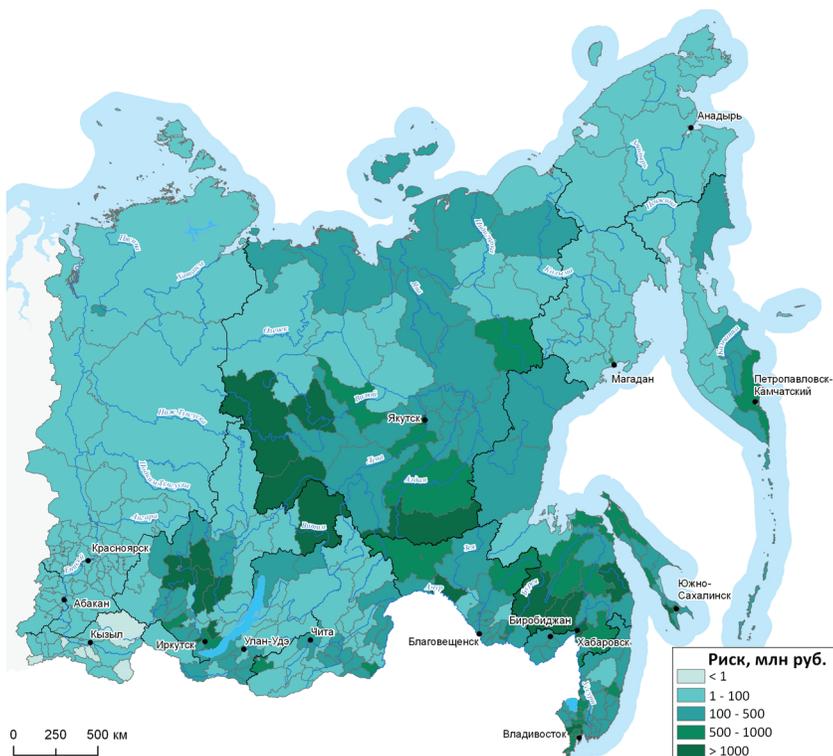


Рис. 3.1.2. Риск наводнений для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям Восточной Сибири и Дальнего Востока в середине XXI века

Разность сумм ущерба от наводнений между серединой и началом XXI века

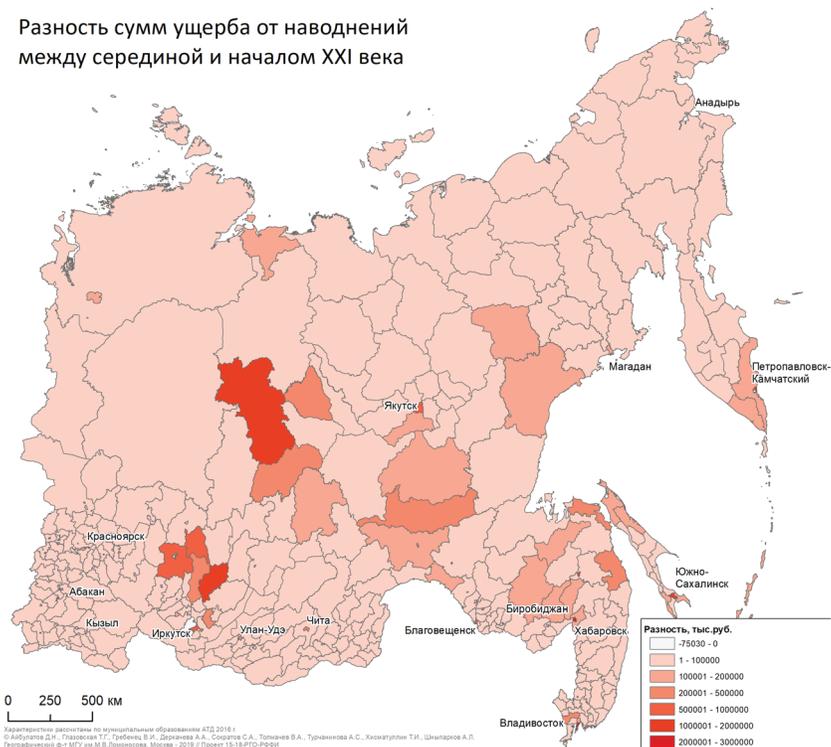


Рисунок 3.1.3 Изменение риска наводнений для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям Восточной Сибири и Дальнего Востока в середине XXI века по сравнению с началом XXI века, тыс. рублей

в год), в совокупности на них будет приходиться 62% рисков наводнений Восточной Сибири и Дальнего Востока (рис. 3.1.2, табл. 3.1.2). Общий ущерб при этом от наводнений увеличится на 29,6 млрд рублей в год. Максимальный прирост риска наводнений для транспортных коммуникаций также будет наблюдаться в вышеперечисленных субъектах (5–5,3 млрд руб. в год), а также в Республике Саха (Якутия) — 4,4 млрд руб. в год (рис. 3.1.3). При этом в процентном отношении максимальное увеличение ущерба к середине XXI века будет отмечаться в муниципальных образованиях арктического побережья, Камчатского края и Сахалинской области (рис. 3.1.4).

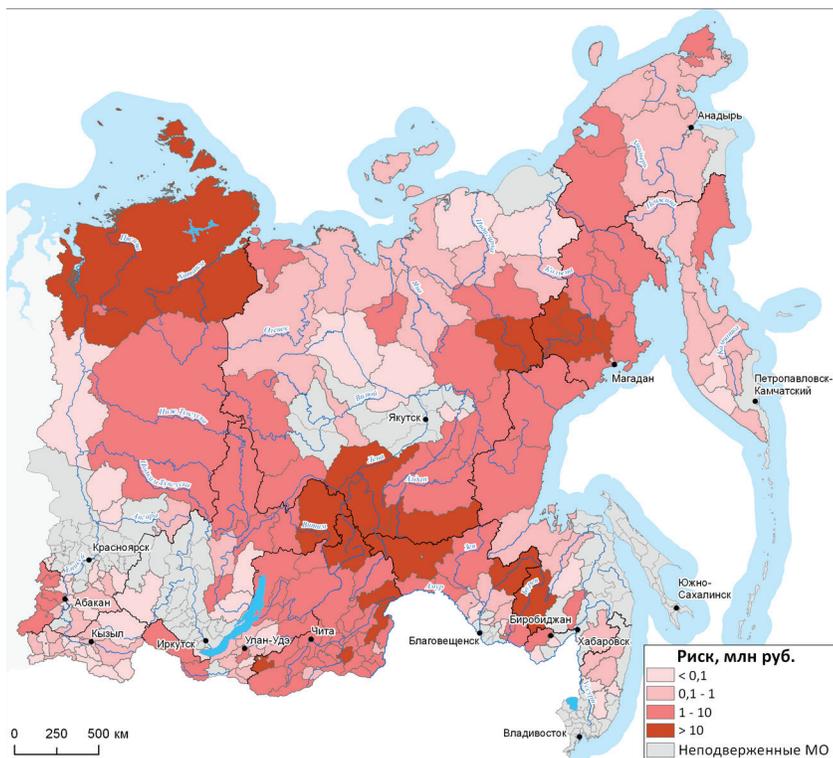


Рис. 3.1.4. Изменение риска наводнений (в %) для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям Восточной Сибири и Дальнего Востока к середине XXI века по сравнению с началом века

Таблица 3.1.2.

Распределение риска наводнений по субъектам для транспортных коммуникаций на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока на середину XXI века

Субъект	Риск наводнений, млрд рублей	Доля от общего значения риска, %	Разница с началом XXI в., млрд рублей
Чукотский автономный округ	0,5	0,2	0,1
Камчатский край	5,9	2,5	2
Хабаровский край	47,7	20,4	5,1

Продолжение таблицы 3.1.2

Субъект	Риск наводнений, млрд рублей	Доля от общего значения риска, %	Разница с началом XXI в., млрд рублей
Республика Саха (Якутия)	25,1	10,7	4,4
Приморский край	59,9	25,6	5,3
Сахалинская область	14,4	6,2	2,8
Амурская область	20,9	8,9	2,1
Еврейская автономная область	2,8	1,2	0,3
Магаданская область	0,9	0,4	0,2
Забайкальский край	7,6	3,2	0,9
Красноярский край	3,8	1,6	0,5
Республика Хакасия	0,8	0,3	0,1
Иркутская область	37,6	16,1	5
Республика Тыва	0,0	0,1	0
Республика Бурятия	6,2	2,6	0,8
Всего	234,1	100	29,5

3.2 Геокриологические процессы

Минимальный риск для автомобильных и железных дорог при морозном пучении грунтов в начале XXI века отмечается в районах с относительно небольшой мощностью сезонного промерзания, а также на территориях, в пределах которых фактически на поверхность выходят скальные породы (рис. 3.2.1).

Наиболее серьезная угроза и риск для существующих и перспективных транспортных коммуникаций от морозного пучения возникают при промерзании деятельного слоя. Такие районы с повышенным значением риска морозного пучения распространены на равнинных или низкогорных территориях, в пределах которых приповерхностные горизонты сложены пылеватыми песками, супесчано-суглинистыми отложениями (юго-западные, южные и северные и северо-западные улусы Якутии, Таймырский и Эвенкийский районы

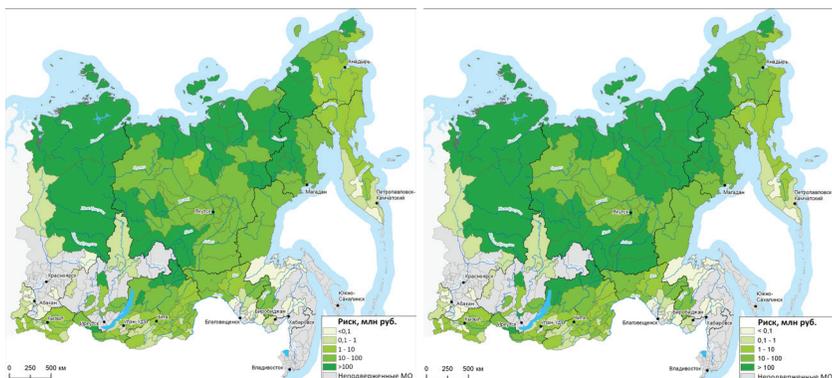


Рис. 3.2.1. Риск морозного пучения для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям Восточной Сибири и Дальнего Востока. Слева — на начало XXI века, справа — на середину XXI века

Красноярского края, западные районы Чукотского автономного округа и др.). К середине XXI века территории с высокими значениями риска морозного пучения расширятся в основном в пределах Республики Саха (Якутия).

Максимальные значения риска каменных глетчеров и курумов в начале XXI века для транспортных коммуникаций приурочены в основном к районам прохождения трассы БАМ и «Колыма», а также в Бодайбинском муниципальном образовании Иркутской области (рис. 3.2.2).

Заметные тренды к потеплению климата в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке приведут к увеличению толщины деятельного слоя, повышению температуры и снижению прочностных характеристик вечномёрзлых грунтов, что активизирует перемещение ледово-каменных и ледово-грунтовых массивов на склонах. Существенная активизация этих процессов произойдёт в Таймырском Долгано-Ненецком районе Красноярского края, в южных и юго-западных улусах Республики Саха (Якутия) и в некоторых других регионах. Вероятное повышение количества осадков, особенно в тёплый период года, также приведёт к активизации оползней не криогенного генезиса к середине XXI века.

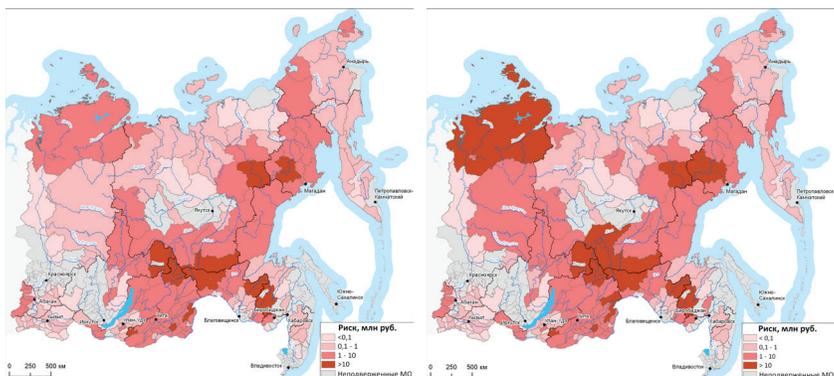


Рис. 3.2.2 Риск курумов и каменных глетчеров для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям Восточной Сибири и Дальнего Востока. Слева — на начало XXI века, справа — на середину XXI века

В начале XXI века распространение территорий с максимальными значениями риска, связанного с наледообразованием, имеет довольно пёструю картину (рис. 3.2.3). К середине XXI века в связи с трендами к потеплению климата и увеличению количества атмосферных осадков (особенно в конце тёплого периода) предполагается переобводнение нижней части сезонно-талого слоя. Это должно привести к усилению процессов наледообразования и возрастанию связанных с ним рисков для транспортных коммуникаций. В целом, риск наледей для транспортных коммуникаций сохранится в той или иной степени для всех регионов Восточной Сибири и Дальнего Востока, где он проявляется в настоящее время, а для некоторых территорий он значительно увеличится (например, для юго-запада и юга Якутии, северо-востока Чукотского автономного округа и др.).

Распределение риска морозобойного растрескивания на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока для транспортных коммуникаций в начале XXI в. и прогнозируемые значения этого риска к середине века показаны на рис. 3.2.4. К середине XXI века произойдёт снижение

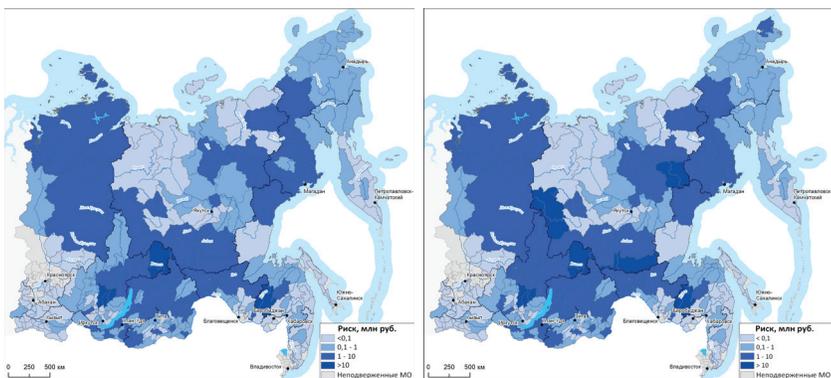


Рис. 3.2.3 Риск наледей для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям Восточной Сибири и Дальнего Востока. Слева — на начало XXI века, справа — на середину XXI века

риска морозобойного растрескивания для транспортных коммуникаций, особенно заметно для северных районов Иркутской области и Бурятии. Практически эти риски будут весьма незначительны для Туруханского района Красноярского края, Еврейской АО, территорий муниципальных районов в нижнем Приамурье Хабаровского края и др. (рис. 3.2.4).

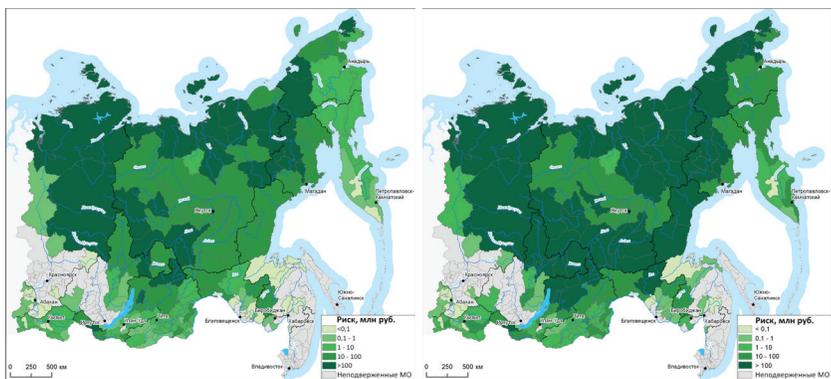


Рис. 3.2.4 Риск морозобойного растрескивания для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям Восточной Сибири и Дальнего Востока. Слева — на начало XXI века, справа — на середину XXI века

Максимальный риск термокарста для транспортных коммуникаций в начале XXI века отмечается на равнинных территориях Республики Саха (Якутия), севере Красноярского края и Чукотском автономном округе (рис. 3.2.5).

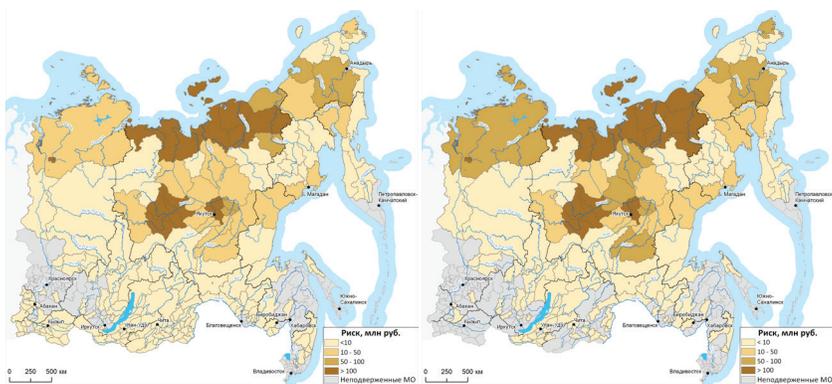


Рис. 3.2.5 Риск термокарста для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям Восточной Сибири и Дальнего Востока. Слева — на начало XXI века, справа — на середину XXI века

Во многом противоположная (рisku морозобойному растрескиванию грунтов) картина изменения риска термокарста для транспортных коммуникаций прослеживается к середине XXI века. Потепление климата и в определённой степени увеличение количества летних осадков, особенно в конце тёплого периода, когда инфильтрация атмосферных осадков будет проникать вглубь, в увеличившийся по мощности сезонно-талый слой, будут способствовать интенсификации протаивания подземных льдов (повторно-жильных, сегрегационных в пределах верхнего переходного слоя, погребённых и других типов льдов). Термокарст, вызывающий изменение рельефа (вплоть до образования провалов и серьёзных просадок), негативно скажется на эксплуатационной безопасности существующих и проектируемых транспортных коммуникаций, серьёзно повысятся затраты на инженерную подготовку, строительство и защиту от разрушения автомобильных и железных дорог. Высокие риски

сохранятся и для арктических приморских низменностей, они заметно повысятся в центральных улусах Республики Саха (Якутия).

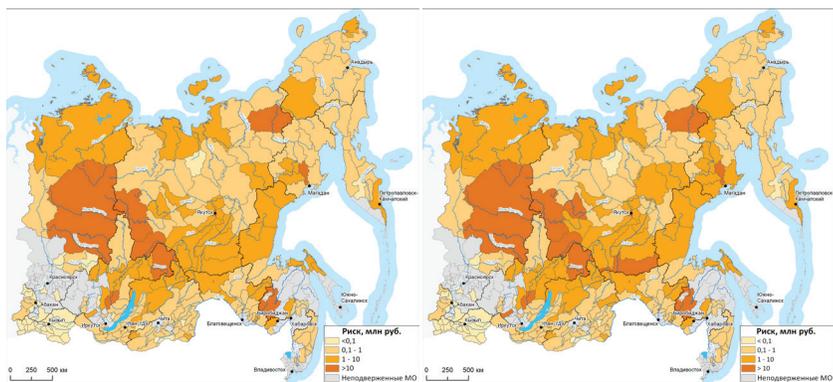


Рис. 3.2.6 Риск термоэрозии и термоабразии для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям Восточной Сибири и Дальнего Востока. Слева — на начало XXI века, справа — на середину XXI века

Риски, связанные с термоэрозией и термоабразией, имеют наибольшие значения в северных и центральных частях Красноярского края, юго-западе и юге Республики Саха (Якутия), а также севере Хабаровского края. Минимальными значениями риска термокарста характеризуются Республика Тыва и отдельные муниципальные образования на юге Забайкальского края (рис. 3.2.6).

Риск для берегов морей и водохранилищ ограничен относительно неширокими участками, попадающими под влияние волновой деятельности морей или крупных озёр, водохранилищ (термоабразия), или частями речных долин (термоэрозия). Потепление климата и увеличение водности потоков, безусловно, будут способствовать нарастанию риска и ущерба от термоэрозии для мостовых переходов, причальных сооружений, а также для многих тысяч километров автомобильных и железных дорог, проложенных в долинах, особенно в условиях сильно расчленённых

территорий юга Сибири и большей части Дальнего Востока. Следует отметить, что по мере переработки береговых участков и переотложения грунтовых массивов в пределах пляжа, низкой и высокой пойм риск от термоэрозии сможет стабилизироваться или даже уменьшаться. Например, наши полевые наблюдения в низовьях Енисея (от Туруханска до Диксона) выявили следующий феномен: активный размыв за счёт термоэрозии, воздействия термоденудации и термокарста сильно льдистого левого обрывистого берега Енисея в 1990-х — начале 2000-х годов привели к «захоронению» мощных ледяных, ледово-грунтовых стенок крупными оползнями, вытаиванию крупных повторно-жильных льдов и формированию в этих местах овражно-балочных систем. В совокупности всё это привело к ослаблению термоэрозии в последнее десятилетие в этом районе. Таким образом, риск для транспортных коммуникаций от термоэрозии и термоабразии достаточно локален по территории, за «пиками» нарастания зачастую следуют весьма длительные периоды стабилизации берегов, что снижает угрозу деформирования инженерных объектов.

В целом же риск геокриологических опасностей на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока в начале XXI века для транспортных коммуникаций имеет максимальные значения на территории муниципальных образований северных и центральных районов Красноярского края, Республики Саха (Якутия), Магаданской области, Чукотского автономного округа, севера Хабаровского и Камчатского краёв. Наименьшие значения риска геокриологических процессов характерны для юго-западной части Восточной Сибири, включая Иркутскую область, Забайкальский и Красноярский (юг территории) края, Республики Тыва и Хакасия. На Дальнем Востоке пониженные значения риска геокриологических процессов для транспортных коммуникаций в начале XXI века характерны для южной части Камчатского края, Сахалинской области, Приморского края, юга Хабаровского края, Еврейской автономной области

и отдельных муниципальных образований юга Амурской области (рис. 3.2.7).

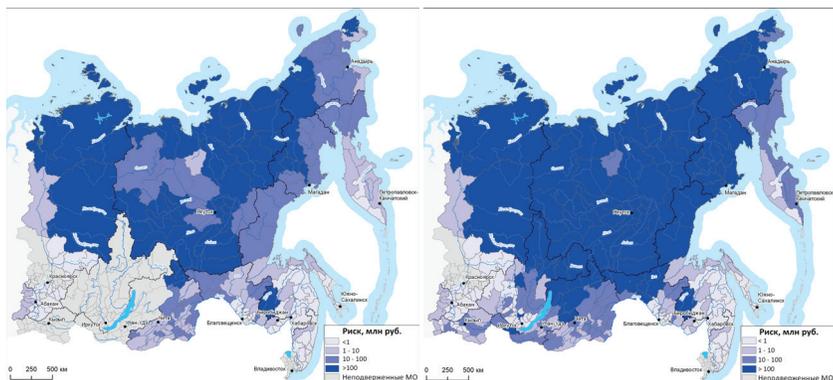


Рис. 3.2.7 Риск опасных геокриологических процессов для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям Восточной Сибири и Дальнего Востока. Слева — на начало XXI века, справа — на середину XXI века

При сохранении трендов современных изменений климата и криогенной переработки верхних грунтовых массивов к середине XXI века практически для всего исследуемого региона произойдёт заметный рост значений рисков от воздействия криогенных процессов на транспортные коммуникации. Эта тенденция охватит большую часть территории Восточной Сибири. Определённая стабилизация (или снижение) риска геокриологических опасностей будет отмечаться к середине нынешнего века для тех территорий, где вечная мерзлота отсутствует или является островной (центральные районы Красноярского края, Еврейская автономная область, южные районы Сахалинской области, западные и восточные районы Приморского края). Эти изменения отчётливо прослеживаются при анализе рисков от совокупного негативного воздействия геокриологических опасностей на транспортные коммуникации (рис. 3.2.8). В целом для территории Восточной Сибири и Дальнего Востока к середине XXI века будет отмечаться рост риска

геокриологических опасностей. С юга на север этот рост риска будет увеличиваться. Наибольший рост риска геокриологических процессов к середине XXI века будет отмечаться в северных районах Восточной Сибири и Дальнего Востока, где он увеличится на 30%, а в отдельных районах — более чем на 50%.

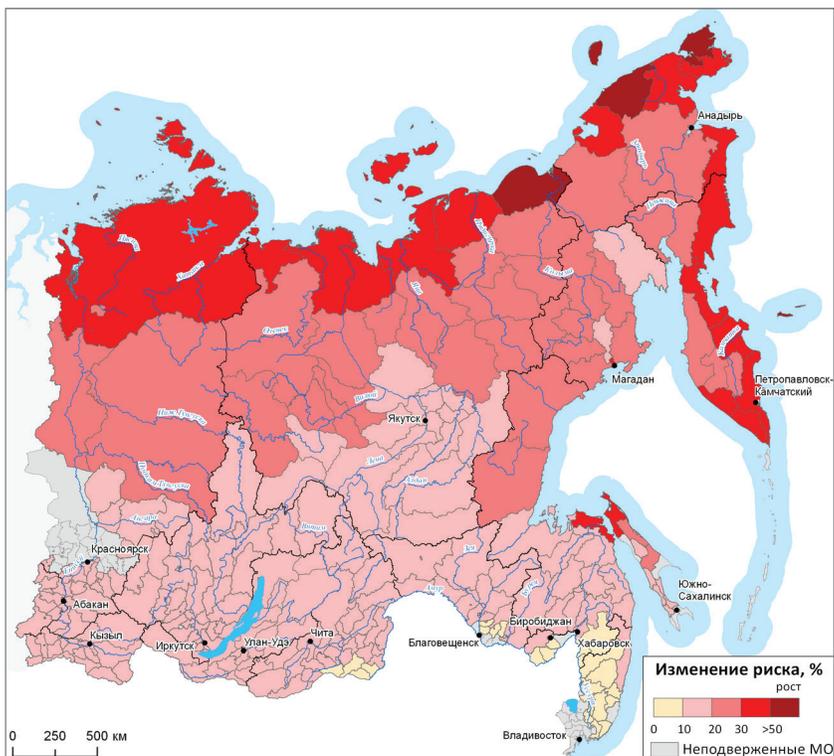


Рис. 3.2.8 Изменение риска геокриологических процессов к середине XXI века по сравнению с началом XXI века по муниципальным образованиям Восточной Сибири и Дальнего Востока

В стоимостном выражении риск геокриологических процессов для транспортных коммуникаций Восточной Сибири и Дальнего Востока на начало XXI века равен 36,9 млрд рублей (табл. 3.2.1).

Таблица 3.2.1.

**Риск геокриологических процессов
для транспортных коммуникаций Восточной Сибири
и Дальнего Востока в начале XXI века**

Субъект	Риск, млн рублей						
	Термокарст	Термоэрозия и термоабразия	Морозное пучение	Курумы и каменные глетчеры	Наледи	Морозобойное растрескивание	Все геокриологические процессы
Чукотский автономный округ	387,0	11,7	847,2	14,9	10,4	1734,2	3005,4
Камчатский край	26,2	3,2	18,9	2,7	1,1	58,9	111,0
Хабаровский край	19,5	93,8	131,5	18,1	23,7	346,7	633,3
Республика Саха (Якутия)	3815,7	165,5	7999,8	137,2	49,6	10025,8	22193,5
Приморский край	0,0	3,2	0,0	0,5	0,3	0,0	4,1
Сахалинская область	2,7	2,2	0,0	0,0	0,1	0,0	4,9
Амурская область	0,1	18,1	144,9	73,2	19,6	784,7	1040,6
Еврейская автономная область	0,0	1,1	0,7	2,9	0,1	2,8	7,6
Магаданская область	28,9	76,5	777,3	74,3	18,2	1682,8	2657,9
Забайкальский край	0,8	12,3	248,3	167,3	26,0	428,8	883,5
Красноярский край	212,0	36,2	946,1	15,4	12,8	1183,4	2406,0
Республика Хакасия	0,0	1,1	1,1	9,2	0,2	1,7	13,3
Иркутская область	1,5	61,9	340,9	66,6	129,9	1596,3	2197,2
Республика Тыва	0,0	0,3	41,7	1,9	0,8	60,5	105,2
Республика Бурятия	0,0	10,7	579,7	29,4	28,1	1030,0	1678,1
Всего	4494,4	497,8	12078,1	613,8	320,9	18936,6	36941,6

Наибольшие значения риска геокриологических процессов отмечаются (в порядке убывания) в Республике Саха (Якутия), на порядок ниже в Магаданской области, Чукотском автономном округе, Красноярском крае, Республике Бурятия и Иркутской области, где риск оценивается более 1 млрд рублей в год. Наименьшие значения риска, связанного с геокриологическими опасностями, для транспортных коммуникаций отмечаются в Приморском крае, Сахалинской области и Еврейской автономной области, где они не превышают 10 млн рублей в год.

Наибольшие значения риска для транспортных коммуникаций связаны с проявлением морозобойного растрескивания (18,9 млрд рублей), что объясняется повсеместным распространением этого процесса на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока, а наименьший риск — с курумами и каменными глетчерами (0,3 млрд рублей в год).

Самые высокие значения геокриологического риска характерны для муниципальных образований: городской округ Анадырь (Чукотский автономный округ — 1,7 млрд рублей); Республики Саха (Якутия) — Ленский, Анабарский, Нюрбинский улусы, где они суммарно превышают 3,6 млрд рублей в год.

Наибольшие значения риска, связанного с морозным пучением, для транспортных коммуникаций характерны для муниципальных образований Республики Саха (Якутия): Ленского (1,5 млрд руб. в год), Анабарского (0,9 млрд руб. в год), Нюрбинского (0,7 млрд руб. в год) улусов.

Лидерами по максимальным значениям риска для транспортных коммуникаций, связанных с морозным растрескиванием, также являются муниципальные образования Республики Саха (Якутия) — Нюрбинский (1,6 млрд руб. в год), Ленский (1,5 млрд руб. в год), Мирнинский и Анабарский, соответственно, 9,5 и 9,2 млрд руб. в год.

Самые высокие значения риска, связанного с термокарстом, для транспортных коммуникаций характерны для Вилюйского улуса, городского округа Якутск, Мегино-Кангаласского, Вилюйского, Среднеколымского, Верхневилуйского улусов в Республике Саха (Якутия), где эти значения превышают 200 млн рублей в год.

Максимальные значения рисков, связанных с проявлением курумов и каменных глетчеров, для транспортных коммуникаций отмечаются в Нерюнгринском (83,2 млн руб. в год), Оймяконском (20,8 млн руб. в год) улусах Республики Саха (Якутия) — Селемджинском (21,5 млн руб. в год) и Тындинском (39,9 млн руб. в год), муниципальных образованиях Амурской области, а также в Бодайбинском муниципальном образовании Иркутской области (54,2 млн руб. в год).

Риск, связанный с проявлением наледей, для транспортных коммуникаций имеет максимальные значения на территории Республики Саха (Якутия): Анабарском (2,1 млрд руб. в год), Ленском (более 3,0 млрд руб. в год), Мирнинском (1,5 млрд руб. в год), Нюрбинском (1,8 млрд руб. в год), Оймяконском (1,2 млрд руб. в год) улусах, а также в городском округе Якутск (1,4 млрд руб. в год).

Риски термоэрозии и термоабразии для транспортных коммуникаций максимальных значений достигают в Верхнебуруинском (Хабаровский край) — 87,8 млн рублей в год, Хасынском (Магаданская область) — 66,6 млн руб. в год и Мирнинском (Республика Саха (Якутия)) — 52,1 млн рублей в год муниципальных образованиях.

К середине XXI века риск криогенных процессов возрастёт на 25,6% и составит 46,4 млрд рублей в год (табл. 3.2.2).

Наиболее существенным образом увеличатся значения рисков, связанных с курумами и морозным пучением, значительно снизятся риски, связанные с морозобойным растрескиванием (табл. 3.2.2).

Таблица 3.2.2.

**Риск геокриологических процессов
для транспортных коммуникаций Восточной Сибири
и Дальнего Востока в середине XXI века**

Субъект	Риск, млн рублей						
	Термокарст	Термоэрозия и термоабразия	Морозное пучение	Курумы и каменные глетчеры	Наледи	Морозобойное растрескивание	Все геокриологические процессы
Чукотский автономный округ	511,5	20,6	2430,6	1173,5	13,7	15,6	4165,5
Камчатский край	33,3	3,8	81,0	26,5	1,5	4,4	150,4
Хабаровский край	25,1	21,0	432,4	160,8	27,7	107,1	774,1
Республика Саха (Якутия)	4782,8	164,7	12578,6	10121,8	60,4	203,8	27912,1
Приморский край	0,0	0,6	0,0	0,0	0,3	3,5	4,4
Сахалинская область	3,4	0,0	0,0	0,0	0,1	2,8	6,3
Амурская область	0,1	84,9	902,4	167,2	22,4	20,6	1197,7
Еврейская автономная область	0,0	3,2	3,1	0,7	0,1	1,3	8,4
Магаданская область	36,1	91,4	2061,7	954,2	22,5	92,5	3258,4
Забайкальский край	0,9	190,2	494,7	288,0	29,6	14,0	1017,4
Красноярский край	279,9	20,5	1576,6	1256,7	17,1	45,3	3196,0
Республика Хакасия	0,0	10,4	1,9	1,2	0,2	1,2	14,9
Иркутская область	1,8	79,8	1914,6	394,7	152,8	72,7	2616,4
Республика Тыва	0,0	2,2	69,0	47,5	0,9	0,3	120,0
Республика Бурятия	0,1	34,4	1207,1	680,6	32,4	12,4	1966,9
Всего	5675,0	727,5	23753,7	15273,5	381,7	597,6	46408,9
Изменение значений риска в середине XXI века по отношению к началу века, %	26,3	46,1	96,7	2388,5	18,9	-96,8	25,6

Самый большой рост риска (более чем на 30%) прогнозируется в Чукотском автономном округе, Камчатском и Красноярском краях, а также Сахалинской области (29,3%). Наименьший рост риска геокриологических процессов для транспортных коммуникаций к середине XXI века будет отмечаться в Приморском крае и Еврейской автономной области, где его рост будет менее чем на 10%. В остальных субъектах Восточной Сибири и Дальнего Востока рост риска геокриологических процессов для транспортных коммуникаций будет в пределах 14–25%.

Риск опасных криогенных процессов для транспортных коммуникаций Восточной Сибири и Дальнего Востока является серьёзной проблемой при освоении этих территорий и при обеспечении эксплуатационной безопасности действующих транспортных коммуникаций, как в настоящем, так и в будущем.

3.3 Снежные лавины

Риск снежных лавин для транспортных коммуникаций имеет наименьшее значение по сравнению с рисками других опасных природных процессов на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока. Для всей исследуемой территории суммарный риск снежных лавин для транспортных коммуникаций равен 4,2 млрд рублей в год. Его распределение по территории Восточной Сибири и Дальнего Востока в начале XXI века неравномерно по субъектам (рис. 3.3.1.).

Наибольшие значения лавинного риска для автомобильных и железных дорог характерны для Камчатского края (1,1 млрд рублей в год), Сахалинской (0,9 млрд рублей в год) и Магаданской (0,7 млрд рублей в год) областей. Наименьшие значения лавинного риска для автомобильных и железных дорог отмечаются в Республике Тыва (0,002 млрд рублей в год), Приморском крае (0,014 млрд рублей в год), Амурской области (0,017 млрд рублей в год). В остальных

субъектах Восточной Сибири и Дальнего Востока риск снежных лавин изменяется от 0,023 млрд рублей в год в Республике Хакасия до 0,4 млрд рублей в год в Иркутской области.

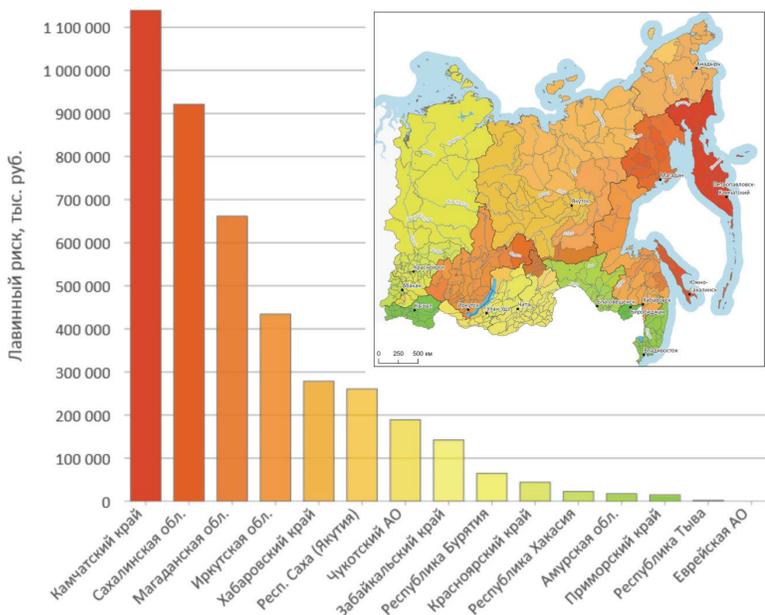


Рис. 3.3.1. Распределение риска снежных лавин по территории Восточной Сибири и Дальнего Востока для транспортных коммуникаций в начале XXI века (в тыс. рублей в год)

Наибольшие значения лавинного риска характерны для отдельных муниципальных образований (рис. 3.3.2.) Камчатского края (Елизовский район и городской округ Петропавловск-Камчатский), Сахалинской области (Углегорский район и городской округ Южно-Сахалинск), Иркутской области (Бодайбинский район), Магаданской области (Ягоднинский район и городской округ Магадан), Забайкальского края (Каларский район), Республики Саха (Якутия) (Нерюнгринский улус).

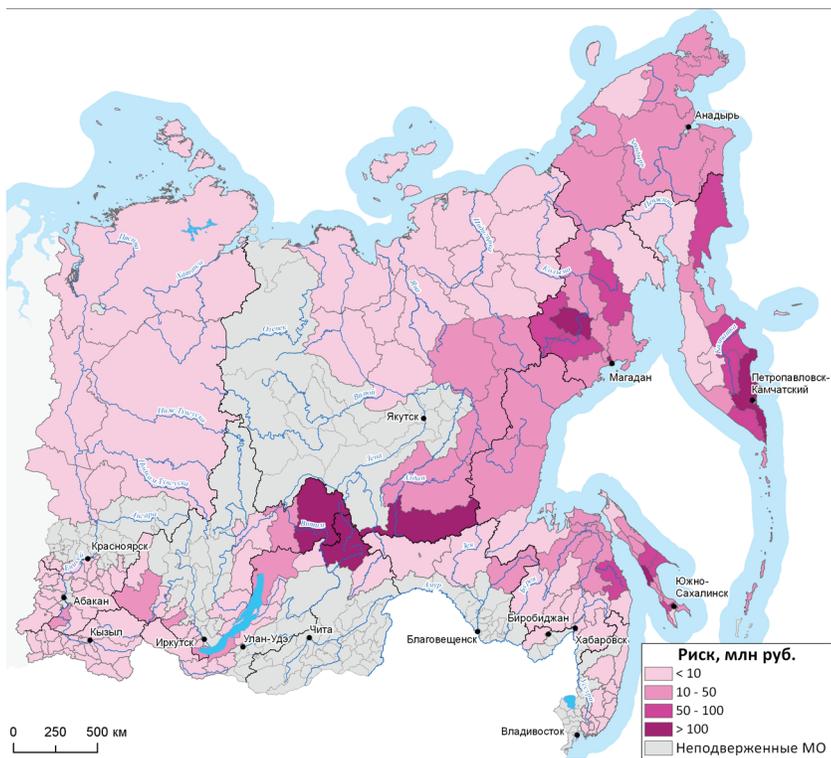


Рис. 3.3.2. Риск снежных лавин для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям Восточной Сибири и Дальнего Востока в начале XXI века

Во всех этих муниципальных образованиях риск снежных лавин превышает 100 млн рублей в год (рис. 3.3.3.), а максимальное значение отмечается в Елизовском районе — 453,4 млн рублей в год.

Наименьшие значения риска лавин характерны для муниципальных образований Республики Тыва, Красноярского края, Амурской области, Еврейской автономной области и Приморского края, где они составляют менее 10 млн рублей в год. Лавинный риск полностью отсутствует в большинстве западных и некоторых центральных муниципальных образованиях республики Саха (Якутия), в восточных муниципаль-

ных образованиях Республики Бурятия, южных и центральных муниципальных образованиях Забайкальского края, южных муниципальных образованиях Амурской области, северной и центральных частях Иркутской области, в некоторых муниципальных образованиях Красноярского края.

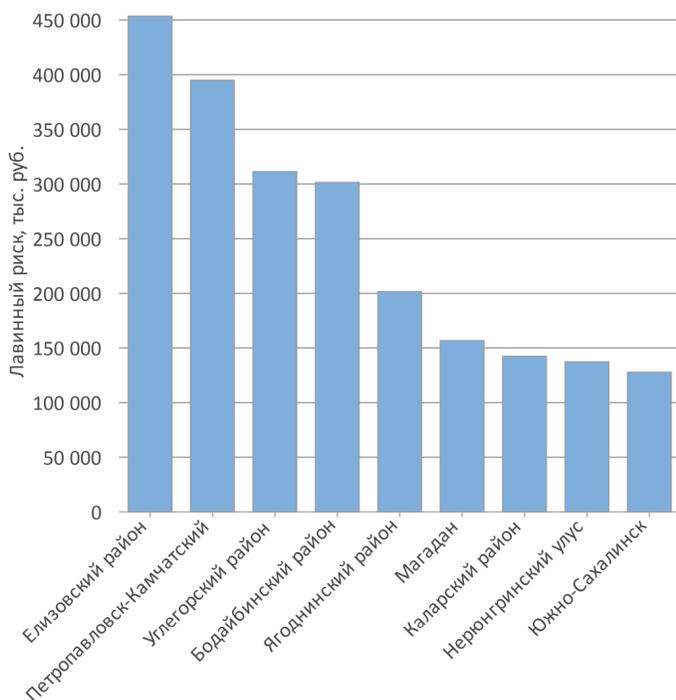


Рис. 3.3.3. Риск снежных лавин в муниципальных образованиях с максимальными его значениями в начале XXI века (тыс. рублей в год)

В целом, для территории Восточной Сибири и Дальнего Востока характерны большие площади со значениями лавинного риска менее 10 млн руб. в год. Муниципальные образования с наибольшими значениями лавинного риска для транспортных коммуникаций сконцентрированы преимущественно в восточной (на Камчатке, Сахалине и в Магаданской области) и центральной (на севере Иркутской области)

и Забайкальского края, юге Республики Саха (Якутия)) частях территории Восточной Сибири и Дальнего Востока.

В большинстве субъектов Восточной Сибири и Дальнего Востока при реализации сценария изменения климата (потепление) к середине XXI века ожидается снижение значения лавинного риска (рис. 3.3.4.–3.3.6.). Самое значительное снижение суммарного лавинного риска ожидается в горных районах (рис. 3.3.5) Камчатского края (более 40%), Чукотского автономного округа (до 15%), Магаданской (до 14%) и Сахалинской (до 12%) областей. В горных районах Красноярского, Хабаровского, Приморского и Забайкальского краёв, Республике Саха (Якутия) и Иркутской области ожидается незначительное снижение суммарного лавинного риска (от 1 до 5%). В Республиках Тыва, Бурятия, Хакасия и Амурской области ожидается незначительное повышение суммарного лавинного риска (до 3%).

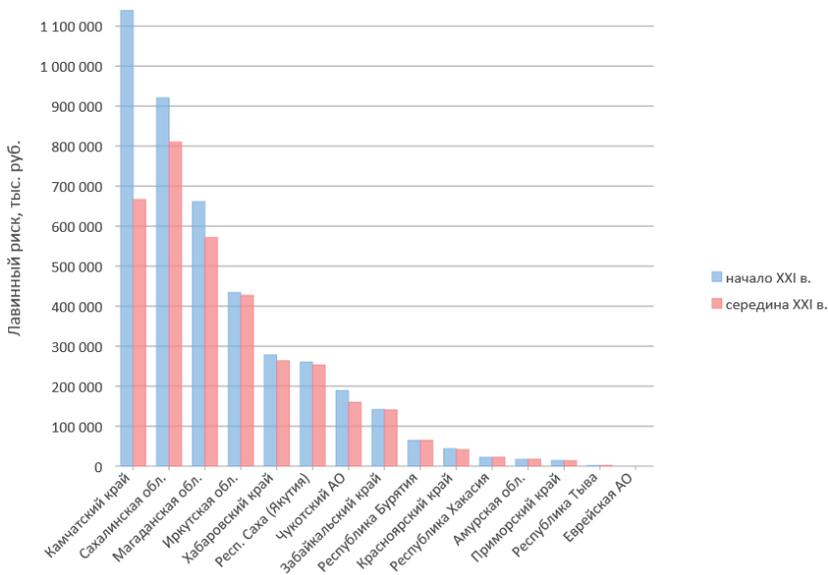


Рис. 3.3.4. Распределение риска снежных лавин по субъектам Восточной Сибири и Дальнего Востока для транспортных коммуникаций (в тыс. рублей в год) в начале и середине XXI века

По абсолютному значению наибольшее снижение лавинного риска для транспортных коммуникаций ожидается в муниципальных образованиях в восточной части Камчатки: в Елизовском районе (на 175 млн руб. в год), городском округе Петропавловск-Камчатский (на 200 млн руб. в год), Олуторском (на 32 млн руб. в год) и Усть-Большерецком (на 21 млн руб. в год) районах. Значительное снижение лавинного риска ожидается в Северо-Курильском районе (на 23 млн руб. в год) и городском округе Южно-Сахалинск (на 20 млн руб. в год) Сахалинской области, Ягоднинском районе (на 23 млн руб. в год) Магаданской области.

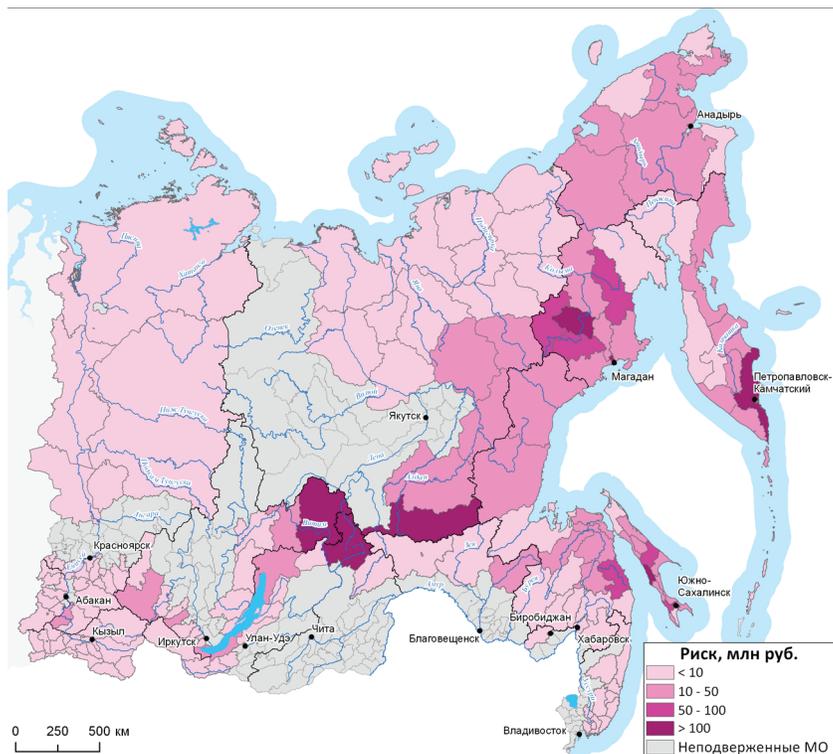


Рис. 3.3.5. Риск снежных лавин для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям Восточной Сибири и Дальнего Востока в середине XXI века

Наибольшее повышение лавинного риска ожидается в южной части Республики Саха (Якутия) в Нерюнгринском улусе (на 1,5 млн руб. в год), в южной части Иркутской области в Слюдянском районе (на 1,5 млн руб. в год), на востоке Амурской области в Селемджинском районе (на 0,5 млн руб. в год), Тункинском районе (на 350 тыс. руб. в год) Республики Бурятия, Шушенском районе (на 300 тыс. руб. в год) Красноярского края, Александровск-Сахалинском (на 300 тыс. руб. в год) районе Сахалинской области. Во всех остальных муниципальных районах, где ожидается повышение лавинного риска, оно составит менее 300 тыс. руб. в год.

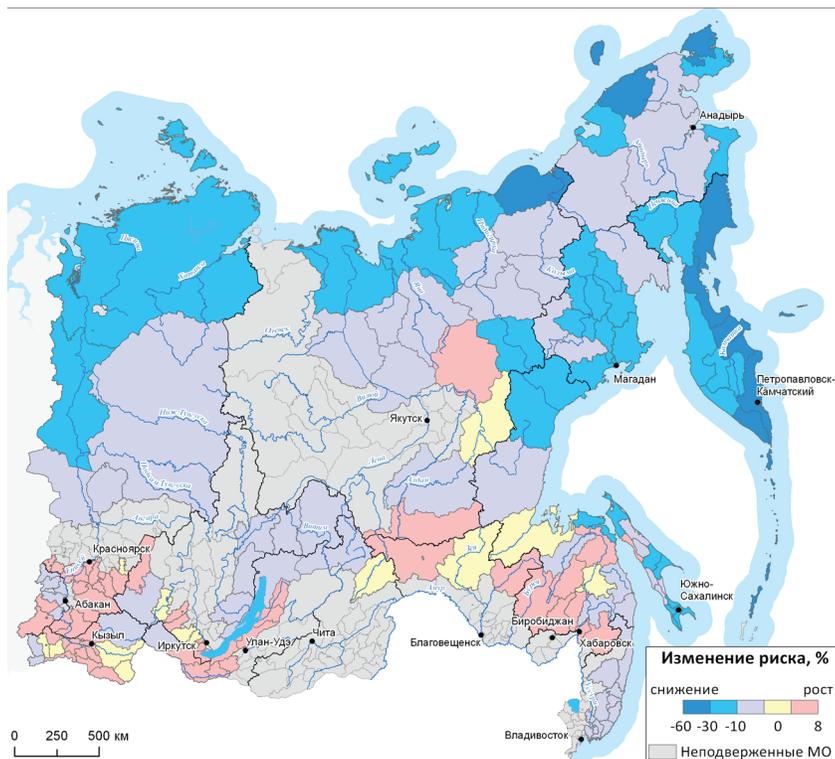


Рис. 3.3.6. Изменение риска снежных лавин для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям Восточной Сибири и Дальнего Востока к середине XXI века

3.4. Селевые потоки

Селевые потоки на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока встречаются во всех субъектах, за исключением Еврейской автономной области. Риск селей для транспортных коммуникаций муниципальных образований Восточной Сибири и Дальнего Востока на начало XXI века равен почти 9,4 млрд рублей (табл. 3.4.1).

Таблица 3.4.1.

Распределение селевого риска по субъектам Восточной Сибири и Дальнего Востока в начале XXI века

Субъект	Селевой риск, тыс. рублей	Доля от общего значения, в %
Чукотский автономный округ	162216	1,7
Камчатский край	1851256	19,7
Хабаровский край	1841128	19,6
Республика Саха (Якутия)	474643	5,0
Приморский край	1418598	15,1
Сахалинская область	1484225	15,8
Амурская область	120018	1,3
Еврейская автономная область	0	0,0
Магаданская область	537508	5,7
Забайкальский край	196120	2,1
Красноярский край	30659	0,3
Республика Хакасия	10782	0,1
Иркутская область	702817	7,5
Республика Тыва	3996	0,0
Республика Бурятия	579276	6,2
Всего	9413242	100,0

Самые высокие значения селевого риска для транспортных коммуникаций в экономических показателях характерны для Камчатского, Хабаровского, Приморского краёв и Сахалинской области, а наименьшие отмечаются в Республиках Тыва, Хакасия и Красноярском крае, где их значения не превышают 1% от общего риска. В Еврейской автономной области риск селевых потоков для транспортных коммуникаций отсутствует.

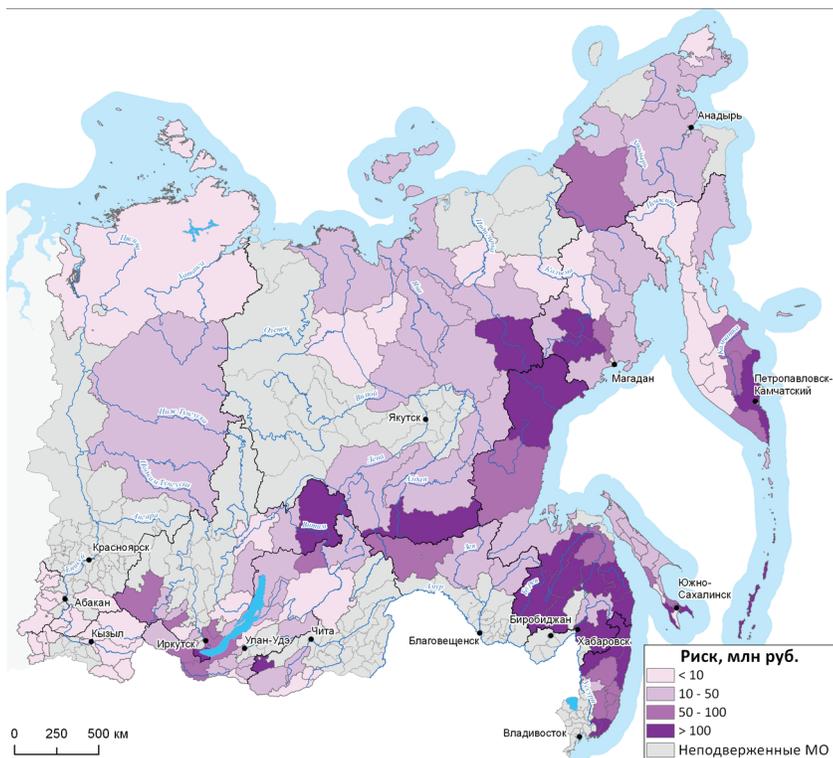


Рис. 3.4.1. Селевой риск для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям Восточной Сибири и Дальнего Востока в начале XXI века

Наибольшие значения селевого риска характерны для отдельных муниципальных образований Иркутской области (Слюдянское, Бодайбинское), Забайкальского края (Петровск-Забайкальское), Республики Саха (Якутия) (Нерюнгринское, Оймяконское), Магаданской области (Ягоднинское и Тенькинское), Камчатского края (Елизовское), Хабаровского края (Ванинское, Верхнебуреинское, имени Лазо, имени Полины Осипенко, Комсомольское, Охотское, Советско-Гаванское, Солнечное и Хабаровское), Приморского края (Лазовское, Находкинское, Партизанское, Пожарское и Тернейское) и Сахалинской области (Корсаковское, Ку-

рильское, Невельское, Холмское и Южно-Курильское муниципальные образования) (рис. 3.4.1). Во всех этих муниципальных образованиях риски селевых потоков превышают 100 млн рублей в год, а максимальное значение отмечается в Елизовском районе — 453,4 млн рублей в год. Наименьшие значения риска селей характерны в муниципальных образованиях Республики Тыва, Амурской области, севера Красноярского края и Приморского края, где они имеют значение менее 10 млн рублей в год.

К середине XXI века значения селевого риска для транспортных коммуникаций на большей части территории Восточной Сибири и Дальнего Востока снизятся (рис. 3.4.2).

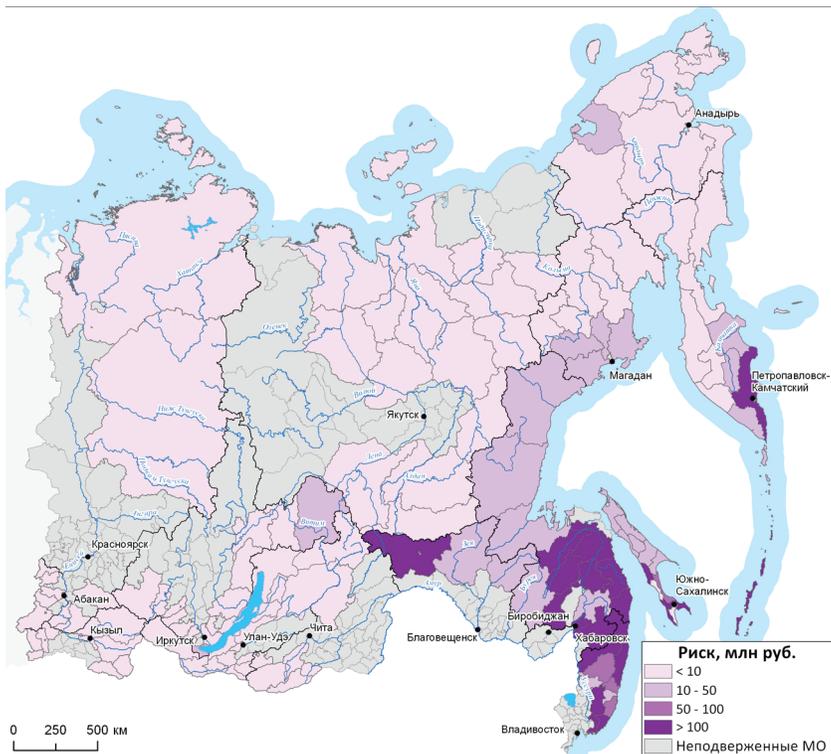


Рис. 3.4.2. Селевой риск для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям Восточной Сибири и Дальнего Востока в середине XXI века

Суммарное значение селевого риска в экономических показателях на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока к середине XXI века будет составлять немногим более 7,5 млрд рублей, что на 20% меньше, чем в начале XXI века (табл. 3.4.2).

Таблица 3.4.2.

**Распределение селевого риска по субъектам
Восточной Сибири и Дальнего Востока
для транспортных коммуникаций к середине XXI века**

Субъект	Селевой риск, тыс. рублей	Доля от общего значения, в %	Изменение селевого риска по отношению к началу XXI века, %
Чукотский автономный округ	37835	0,5	-77
Камчатский край	996631	13,2	-46
Хабаровский край	2130396	28,3	16
Республика Саха (Якутия)	20668	0,3	-96
Приморский край	1607628	21,4	13
Сахалинская область	2406771	32,0	62
Амурская область	149728	2,0	25
Еврейская автономная область	0	0,0	0
Магаданская область	49187	0,7	-91
Забайкальский край	10760	0,1	-95
Красноярский край	3219	0,0	-89
Республика Хакасия	653	0,0	-94
Иркутская область	78633	1,0	-89
Республика Тыва	298	0,0	-93
Республика Бурятия	37463	0,5	-93
Всего	7529870	100,0	-20

Увеличение селевого риска для транспортных коммуникаций в середине XXI века будет на территориях Сахалинской и Амурской областей, Приморского и Хабаровского краёв (рис. 3.4.3). Во всех остальных субъектах Восточной

Сибири и Дальнего Востока значения селевого риска будут почти в 2 раза меньше, чем в начале XXI века, за исключением Камчатского края (снижение на 46%) и Чукотского автономного округа (снижение на 77%). Самое значительное уменьшение селевого риска к середине XXI века будет отмечаться в Республиках Саха (Якутия), Хакасия, Бурятия, Тыва и Забайкальском крае.

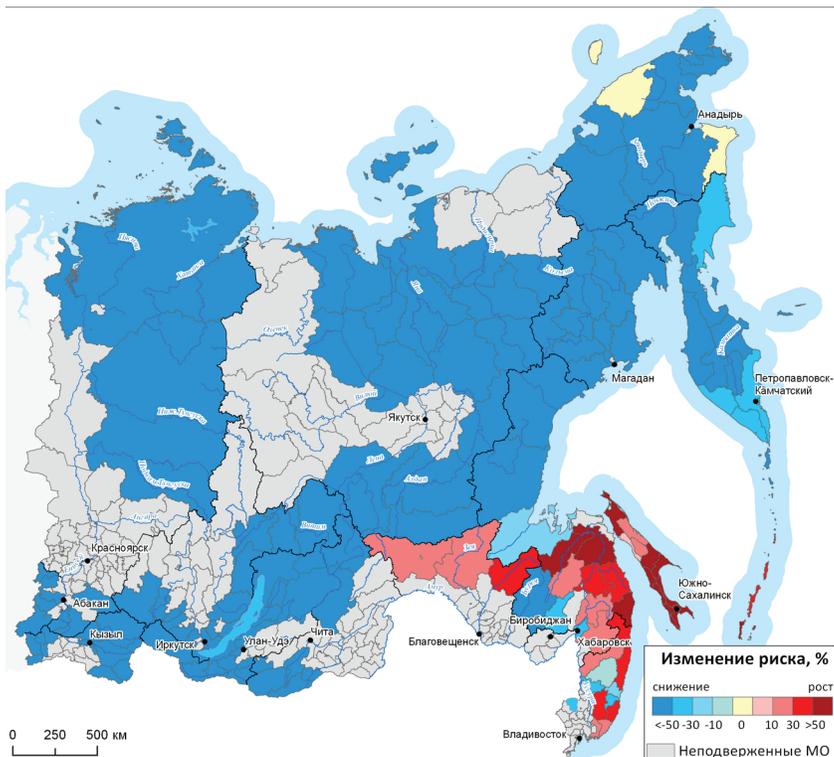


Рис. 3.4.3. Изменение селевого риска для транспортных коммуникаций в середине XXI века по сравнению с началом века на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока, в %

По муниципальным образованиям Чукотского автономного округа снижение селевого риска для транспортных коммуникаций к середине XXI века будет колебаться от 51% (Чукотский район) до 91% в Анадырском районе.

Территория Магаданской области будет характеризоваться значительным снижением селевого риска во всех муниципальных образованиях (88–98%).

Во всех муниципальных образованиях Камчатского края снижение селевого риска для транспортных коммуникаций к середине XXI века будет изменяться от 34% (Усть-Большерецкий район) до 88% (Карагинский район).

На территории Хабаровского края изменение селевого риска для транспортных коммуникаций будет разнонаправленным: в Ванинском, имени Лазо, имени Полины Осипенко, Комсомольском, Нанайском, Советско-Гаванском, Солнечном, Ульчском муниципальных образованиях будет увеличение селевого риска, а в остальных муниципальных образованиях — снижение его значений.

Селевой риск во всех муниципальных образованиях Республики Саха (Якутия) снизится на 87–98%, за исключением территории Булунского улуса, где снижение селевого риска будет на 68%.

В Приморском крае снижение селевого риска будет отмечаться в Дальнегорском округе, Дальнереченском и Кавалеровском районах, для последнего будет характерно наибольшее снижение селевого риска на 50%. Во всех остальных муниципальных образованиях Приморского края будет увеличение значений селевого риска, с максимальным увеличением в Чугуевском районе — на 48%.

На территории Сахалинской области снижение селевого риска к середине XXI века будет отмечаться только в Северо-Курильском районе (66%), во всех остальных муниципальных районах отмечается увеличение значений селевого риска, с максимумом в Охинском и Поронайском районах (до 94%).

Во всех муниципальных районах Амурской области к середине XXI века селевой риск для транспортных коммуникаций увеличится на 20–44%.

Селевой риск в муниципальных образованиях Забайкальского и Красноярского краёв, Республик Хакассия, Бурятия, Тыва и Иркутской области к середине XXI века будет снижаться на 82–98%.

3.5 Комплексная оценка риска опасных природных процессов для транспортных коммуникаций в начале и середине XXI века

Расчёты по оценке природного риска для транспортных коммуникаций на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока показали, что суммарное значение риска от опасных природных процессов составляет более 255,2 млрд рублей в год. Распределение этого риска по субъектам Российской Федерации показано на рис. 3.5.1.

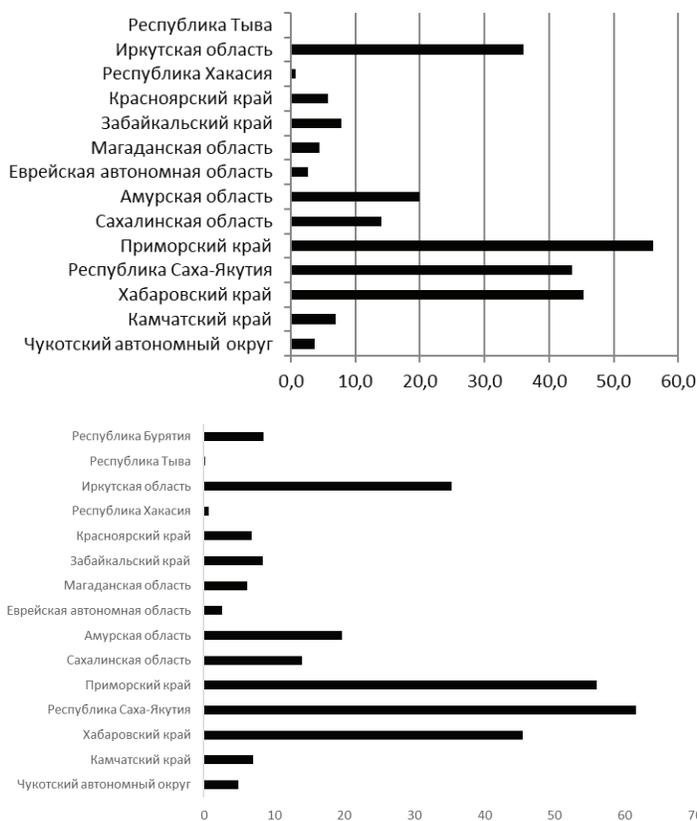


Рис. 3.5.1. Распределение риска опасных природных процессов для транспортных коммуникаций по субъектам Восточной Сибири и Дальнего Востока на начало XXI века, млрд рублей

Наибольшие значения риска в начале XXI века характерны для транспортных коммуникаций Приморского края, Республики Саха (Якутия), Хабаровского края и Иркутской области, где они превышают 30 млрд рублей в год, а в Приморском крае достигают 56,1 млрд рублей в год. На долю этих субъектов Российской Федерации приходится 71% вероятных ущербов. Наименьшими значениями риска характеризуются территории Республик Тыва (0,2 млрд рублей в год) и Хакасия (0,7 млрд рублей в год). Суммарные значения риска от опасных природных процессов для транспортных коммуникаций для субъектов Восточной Сибири и Дальнего Востока показаны в таблице 3.5.1.

Таблица 3.5.1.

**Значения риска для транспортных коммуникаций
по субъектам для территории Восточной Сибири
и Дальнего Востока**

Субъект Российской Федерации	Значение риска, млрд рублей в год	Доля риска от общего значения, %
Чукотский автономный округ	3,7	1,4
Камчатский край	7,0	2,7
Хабаровский край	45,3	17,8
Республика Саха (Якутия)	43,6	17,1
Приморский край	56,1	22,0
Сахалинская область	14,0	5,5
Амурская область	20,0	7,8
Еврейская автономная область	2,7	1,0
Магаданская область	4,5	1,8
Забайкальский край	7,9	3,1
Красноярский край	5,8	2,3
Республика Хакасия	0,7	0,3
Иркутская область	36,0	14,1
Республика Тыва	0,2	0,1
Республика Бурятия	7,7	3,0
Всего	255,2	100,0

Распределение суммарного риска для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям (МО) Восточной Сибири и Дальнего Востока показано на рис. 3.5.2.

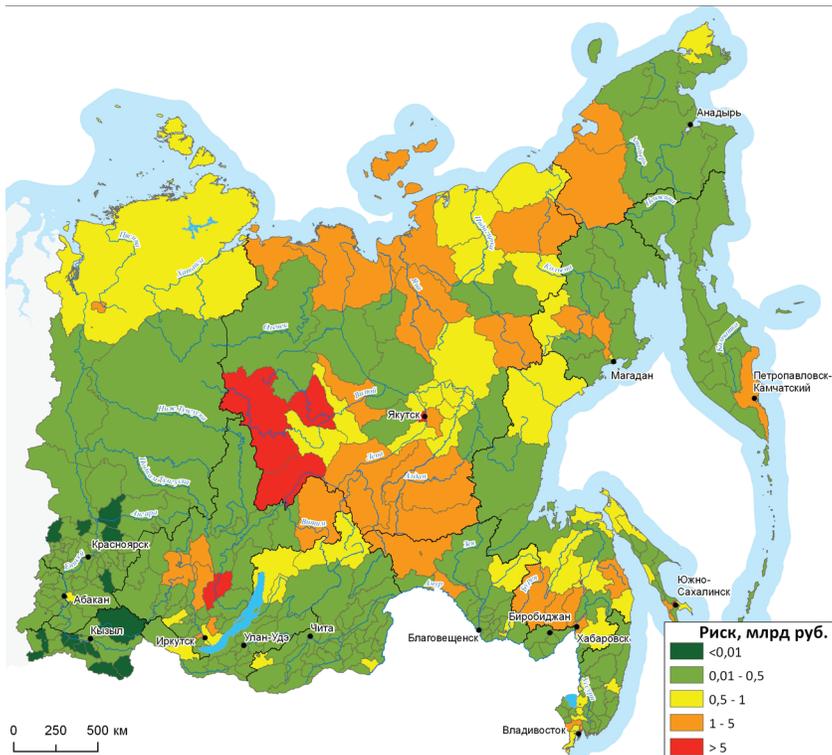


Рис. 3.5.2. Суммарный риск для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям Восточной Сибири и Дальнего Востока на начало XXI века

Наибольшие значения суммарного риска характерны для городов Владивосток и Хабаровск, где они соответственно составляют 29,8 и 23,8 млрд рублей в год, а также Мирнинского (8,19 млрд руб. в год) и Ленского (8,4 млрд руб. в год) улусов Республики Саха (Якутия) и Жигаловского района Иркутской области (6,9 млрд руб. в год). Наименьшими значениями суммарного риска опасных природных про-

цессов для транспортных коммуникаций характеризуются муниципальные образования Республики Тыва (Чеди-Хольский кожуун — 685 тыс. руб. в год; Тандинский кожуун — 915 тыс. руб. в год).

Наибольшие риски для транспортных коммуникаций территории Восточной Сибири и Дальнего Востока связаны с проявлением наводнений (80%) и геокриологических опасностей (14%). На риски, связанные с селевыми потоками и снежными лавинами, для транспортных коммуникаций приходится соответственно 4 и 2%.

К середине XXI века природный риск для транспортных коммуникаций на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока увеличится на 14,2% и будет составлять 277,7 млрд рублей в год. Увеличится доля риска, приходящаяся на геокриологические опасности, за счёт снижения риска селевых потоков и снежных лавин (рис. 3.5.3).

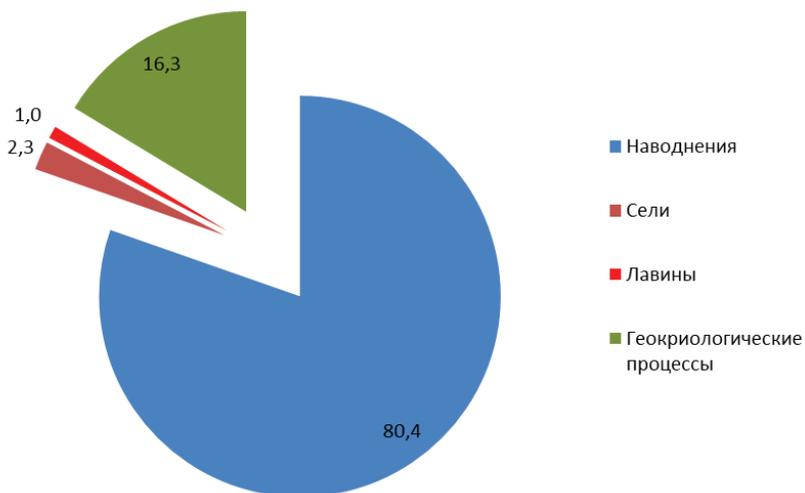


Рис. 3.5.3. Распределение значения риска опасных природных процессов по их видам для транспортных коммуникаций на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока в середине XXI века, в %

Суммарные значения риска от опасных природных процессов для транспортных коммуникаций по субъектам Восточной Сибири и Дальнего Востока в середине XXI века показаны в таблице 3.5.2.

Таблица 3.5.2.

**Значения риска опасных природных процессов
для транспортных коммуникаций по субъектам
для территории Восточной Сибири и Дальнего Востока
в середине XXI века**

Субъект Российской Федерации	Значение риска, млрд рублей в год	Доля риска от общего значения по территории Восточной Сибири и Дальнего Востока, %	Изменение значений риска середины к началу XXI века, в %
Чукотский автономный округ	4,9	1,7	30,1
Камчатский край	7,1	2,7	9,9
Хабаровский край	45,5	17,4	12,2
Республика Саха (Якутия)	61,7	18,3	22,2
Приморский край	56,1	21,1	9,7
Сахалинская область	14,0	6,0	25,4
Амурская область	19,7	7,6	11,7
Еврейская автономная область	2,6	1,0	10,3
Магаданская область	6,2	1,6	4,9
Забайкальский край	8,4	3,0	10,5
Красноярский край	6,8	2,4	22,4
Республика Хакасия	0,7	0,3	10,0
Иркутская область	35,4	14,0	13,2
Республика Тыва	0,2	0,1	10,9
Республика Бурятия	8,5	2,8	6,5
Всего	277,7	100,0	14,2

Наибольшие значения риска в середине XXI века будут характерны для транспортных коммуникаций Приморского края, Республики Саха (Якутия), Хабаровского края и Иркутской области, где они превышают 40 млрд рублей в год, а в Республике Саха (Якутия) достигают 61,5 млрд рублей в год. На долю этих субъектов Российской Федерации приходится 70,8% вероятных ущербов, т. е. их доля по сравнению с началом века практически не изменилась. Наименьшими значениями природного риска для транспортных коммуникаций будут характеризоваться территории Республики Тыва (0,2 млрд рублей в год) и Республики Хакасия (0,8 млрд рублей в год). Увеличение риска опасных природных процессов для транспортных коммуникаций в середине XXI века по отношению к значениям в начале века будет характерно для территорий всех субъектов Восточной Сибири и Дальнего Востока. При этом наибольшее относительное увеличение значений риска будет отмечаться в Чукотском автономном округе, Красноярском крае, Сахалинской области и Республике Саха (Якутия). Наименьшее увеличение риска для транспортных коммуникаций в середине XXI века будет отмечаться в Магаданской области, Республике Бурятия, Приморском и Камчатском краях, где прирост значений риска менее 10%. Распределение суммарного риска для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям Восточной Сибири и Дальнего Востока показано на рис. 3.5.4.

Значения суммарного риска опасных природных процессов для транспортных коммуникаций в середине XXI века более 5 млрд рублей в год будут отмечаться в Ленском, Нюрбинском, Мирнинском улусах Республики Саха (Якутия), Жигаловском районе Иркутской области, городах Хабаровск, Владивосток, Южно-Сахалинск, Благовещенск и Якутск. Наименьшие значения суммарного риска для транспортных коммуникаций в середине XXI века будут на территории Республики Тыва (Чеди-Хольский, Тандинский район), где значения будут менее 1 млн рублей в год.

и Магаданской областей, Республик Бурятия и Тыва. Максимальное снижение природного риска будет в Нижнеудинском и Слюдянском районах Иркутской области — более 30%. Повышение суммарного риска опасных природных процессов для транспортных коммуникаций на 10–30% будет занимать к середине XXI века наибольшие площади территории Восточной Сибири и Дальнего Востока.

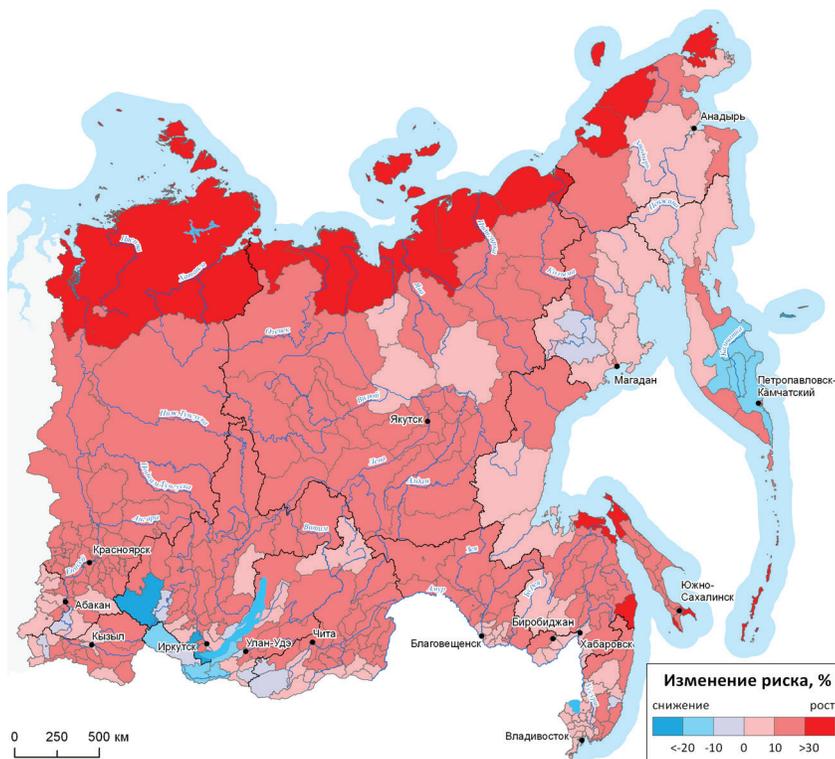


Рис. 3.5.5. Изменение суммарного риска для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям Восточной Сибири и Дальнего Востока к середине XXI века по сравнению с началом века

4. РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА С УЧЁТОМ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

4.1. Современное состояние транспортных коммуникаций на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока

В настоящее время сеть транспортных коммуникаций слабо развита на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока (рис. 4.1.1.). Территория сильно уступает европейской части страны по таким показателям, как плотность железных и автомобильных дорог.

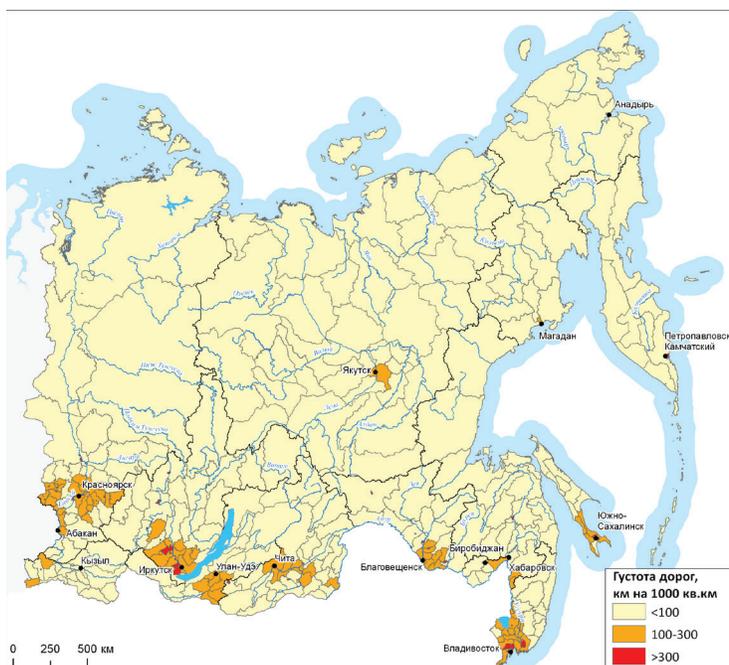


Рис. 4.1.1. Густота автомобильных и железных дорог по муниципальным образованиям на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока (Росстат РФ, 2017 год)

Низкая густота транспортной инфраструктуры при огромных размерах территории Восточной Сибири и Дальнего Востока, очаговый характер расселения с низкой плотностью населения, высокая зависимость экономики от природно-климатических условий, обуславливающая сезонность функционирования транспорта, — все эти факторы сдерживают реализацию природного и экономического потенциала региона. В то же время современное состояние транспортных коммуникаций Восточной Сибири и Дальнего Востока является фактором, сдерживающим экономическое развитие региона (Ивашин, Сокол, 2012).

Основными транспортными артериями Восточной Сибири и Дальнего Востока являются Транссибирская и Байкало-Амурская железнодорожные магистрали (рис. 4.1.2.).



Рис. 4.1.2. Положение Транссибирской и Байкало-Амурской магистралей (Восточный полигон) (РЖД)

Транссибирская магистраль — двухпутная электрифицированная железнодорожная линия протяжённостью около 10 тыс. км, оборудованная современными средствами информатизации и связи. Она является самой протяжённой в мире железной дорогой, значительная часть которой проходит на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока. На востоке, через пограничные станции Хасан, Гродеково, Забайкальск, Наушки Транссибирская магистраль обеспечивает выход на сеть железных дорог Северной Кореи, Китая

и Монголии, а на западе, через российские порты и пограничные переходы с бывшими республиками Советского Союза, — в европейские страны. В регионах, обслуживаемых магистралью, добывается более 65% производимого в России угля, осуществляется почти 20% нефтепереработки и 25% выпуска деловой древесины. Здесь сосредоточено более 80% промышленного потенциала страны и основных природных ресурсов, включая нефть, газ, уголь, лес, руды черных и цветных металлов. На Транссибе расположено 87 городов, из которых 14 являются центрами субъектов Российской Федерации. По Транссибу перевозится более 50% внешне-торговых и транзитных грузов (РЖД перевозки).

Байкало-Амурская магистраль (БАМ) пролегает по территории Иркутской и Амурской областей, Республик Бурятия и Саха (Якутия), Хабаровского и Забайкальского краёв. Ключевые станции БАМа: Тайшет, Лена, Таксимо, Тында, Нерюнгри, Новый Ургал, Комсомольск-на-Амуре, Ванино, Советская Гавань. Общая протяжённость БАМа от Тайшета до Советской Гавани составляет 4300 км. БАМ связывается с Транссибирской железной дорогой тремя соединительными линиями: Бамовская — Тында, Известковая — Новый Ургал и Волочаевка — Комсомольск-на-Амуре. В настоящее время двухпутная железная дорога построена от Тайшета до Лены (704 км) и однопутная — от Лены до Таксимо (725 км). На остальном участке БАМа построена однопутная железная дорога с тепловозной тягой. БАМ пересекает на своём пути многочисленные реки (среди них Лена, Амур, Зея, Витим, Олекма, Селемджа, Буряя) и горные хребты (Байкальский, Северо-Муйский, Удоканский, Кодарский, Олекминский, Становик, Туранский и Дуссе-Алиньский). В настоящее время проходит реконструкция БАМа — обустройство второго пути на многих участках от Таксимо до Хани. Более 30 км магистрали проходит в тоннелях (среди них Байкальский (6,7 км) и Северо-Муйский (15,3 км)) (РЖД компания).

Основная нагрузка в экспортных и транзитных перевозках приходится на Транссибирскую магистраль, про-

пуская способность которой более 100 млн т/год. Объём перевозок БАМа по направлению Тайшет — Тында — Комсомольск-на-Амуре составляет порядка 12 млн т/год. БАМ перевозит около 12 млн пассажиров в год. Интенсивность движения пассажирских поездов по БАМу незначительна — 1–2 пары поездов в сутки на участке Комсомольск — Северобайкальск и 9–16 пар на западном участке (РЖД перевозки). По итогам 2019 года в направлении Дальнего Востока перевезено свыше 114 млн тонн экспортных грузов, что в два раза больше уровня 2012 года (РЖД перевозки).

Эксплуатационная длина железнодорожных путей общего пользования территории Восточной Сибири и Дальнего Востока по данным Росстата за 2018 г. (Росстат РФ) составляет 17358,4 км, или 20% от длины железнодорожных путей Российской Федерации. Железнодорожные пути сконцентрированы преимущественно в Иркутской области (14,4%), Забайкальском (13,8%) и Красноярском (12%) краях, а также в южной зоне Дальнего Востока — в Амурской области (16,8%), Хабаровском (12,3%) и Приморском (9%) краях, Республике Бурятия (7,1%). В ряде субъектов (Республика Тыва, Магаданская область, Камчатский край, Чукотский автономный округ) железнодорожное сообщение полностью отсутствует. Средняя плотность железнодорожных путей существенно уступает среднероссийскому показателю. Ключевые проекты развития железнодорожного транспорта в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке в основном связаны с освоением месторождений полезных ископаемых и реализацией транзитного потенциала региона.

Общая протяжённость автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального или межмуниципального и местного значения в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке по данным Росстата на конец 2018 г. (Росстат РФ) составляет 205 736 км, или 13% от общей протяжённости автомобильных дорог Российской Федерации. Максимальная протяжённость автомобильных дорог отмечается в Красноярском крае (32 653 км), Иркутской области

(31 229 км), Забайкальском крае (21 677 км) и Республике Якутия (30 353 км). Протяжённость автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального или межмуниципального и местного значения с твёрдым покрытием по данным Росстата на конец 2018 г. составляет 144 536 км, или 13% от общей протяжённости автомобильных дорог с твёрдым покрытием Российской Федерации. Максимальная плотность автомобильных дорог (на 1000 км²) общего пользования федерального, регионального или межмуниципального и местного значения с твёрдым покрытием по данным Росстата на конец 2018 г. (Росстат РФ) сосредоточена в республике Хакасия (93 км), Приморском крае (91 км), Еврейской автономной области (67 км), Амурской области и Забайкальском крае (по 34 км). Минимальная плотность автомобильных дорог (на 1000 км²) сосредоточена в Чукотском автономном округе (1,2 км), Республике Якутия (3,9 км), Камчатском крае (4,5 км). Характерной особенностью территории Восточной Сибири и Дальнего Востока является широкое распространение автозимников.

На территории Восточной Сибири и Дальнего Востока проходят автомобильные дороги федерального значения «Сибирь» (Новосибирск — Кемерово — Красноярск — Иркутск), «Енисей» (Красноярск — Абакан — Кызыл — Чадан — Хандагайты — граница с Монголией), «Байкал» (Иркутск — Улан-Удэ — Чита), «Амур» (Чита — Невер — Свободный — Архара — Биробиджан — Хабаровск), «Колыма» (Якутск — Магадан), «Лена» (Невер — Якутск), «Усури» (Хабаровск — Владивосток), Владивосток — остров Русский, «Вилюй» (Тулун — Братск — Усть-Кут — Мирный — Якутск, строящаяся), Южно-Сахалинск — Корсаков, Южно-Сахалинск — Холмск и др. (Федеральное дорожное агентство).

Развитие инфраструктуры автомобильного транспорта в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке связано в основном с созданием крупных логистических центров и транспортных коридоров, повышением надёжности северного завоза, освоением месторождений, а также строительством

перерабатывающих предприятий и трубопроводов (Ивашин, Сокол, 2012).

Важную роль для экономического развития региона играют внутренние водные транспортные пути. Протяжённость внутренних водных путей по данным Росморречфлота на конец 2018 года (Росстат РФ) в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке составляет 43 288 км, или 43% от общей протяжённости внутренних водных путей Российской Федерации. В Восточной Сибири и на Дальнем Востоке расположены речные порты: Байкал, Белогорск, Благовещенск, Братск, Зeya, Зырянка, Иркутск, Киренск, Комсомольск-на-Амуре, Красноярск, Ленск, Лесосибирск, Нижнеянский, Нюрба, Олекминск, Осетрово (Усть-Кут), Покровка, Поярково, Свирск, Свободный, Сеймчан, Сретенск, Улан-Удэ, Хабаровск, Якутск (Федеральное агентство морского и речного флота). По судоходным рекам осуществляют грузопассажирские перевозки. Основные проблемы с развитием речного транспорта связаны с моральным устареванием и необходимостью модернизации шлюзов, причалов, терминалов, перегрузочного оборудования, а также необходимостью ремонта припортовых железнодорожных и автомобильных подъездных путей.

На побережье Дальнего Востока действует 32 морских порта (Ивашин, Сокол, 2012). Наибольшее значение имеют порты с круглогодичной навигацией и потенциальным грузооборотом не менее 1 млн тонн в год, крупнейшие из которых расположены в Приморском крае (Восточный, Находка, Владивосток, Посъет), в Хабаровском крае (Ванино, Де-Кастри), на Сахалине (Холмск, Корсаков), а также порты Магадан и Петропавловск-Камчатский (Ивашин, Сокол, 2012; Федеральное агентство морского и речного флота). Прямой выход портов Приморья и порта Ванино на Транссибирскую магистраль и БАМ способствовал образованию крупных транспортных узлов — Владивостокского (Владивостокский морской торговый порт, ВМТП), Находкинского и Ванинского. К примеру, грузооборот ВМТП (Федеральное агентство морского и речного флота) за 2019 г. составил 11,5 млн тонн (кон-

тейнеры — 48%, генеральные грузы — 47%, нефтепродукты — 3,6%, автомобили, техника — 1,4%). Развитие морских портов — важное условие усиления экономических позиций России в Азиатско-Тихоокеанском регионе (Ивашин, Сокол, 2012). Однако дальнейшее развитие мощностей портов Дальневосточного бассейна может быть ограничено пропускной способностью железных дорог.

Многие территории Восточной Сибири и Дальнего Востока являются труднодоступными и удалёнными на значительное расстояние как друг от друга, так и от других районов. В связи с этим огромное значение имеет авиационный транспорт, который зачастую является единственным. На территории Сибири и Дальнего Востока расположены международные аэропорты: Анадырь (Угольный) имени Ю.С. Рытхэу¹; Благовещенск (Игнатьево) имени Н.Н. Муравьева-Амурского; Братск; Владивосток (Кневичи) имени В.К. Арсеньева; Иркутск; Красноярск имени Д.А. Хворостовского; Магадан (Сокол) имени В.С. Высоцкого¹; Петропавловск-Камчатский (Елизово) имени Витуса Беринга; Провидения Бухта¹; Хабаровск (Новый) имени Г.И. Невельского; Чита (Кадала); Южно-Сахалинск (Хомутово) имени А.П. Чехова; Якутск имени Платона Ойунского (Росавиация). Аэропортами федерального значения являются: Анадырь (Угольный); Благовещенск (Игнатьево); Братск; Владивосток (Кневичи); Иркутск; Магадан (Сокол); Петропавловск-Камчатский (Елизово); Провидения Бухта; Хабаровск (Новый); Чита (Кадала); Южно-Сахалинск (Хомутово); Якутск (Росавиация). На территории Восточной Сибири и Дальнего Востока многие относительно небольшие аэропорты имеют грунтовые взлётно-посадочные полосы и ограниченный период навигации. Основными проблемами в сфере воздушного сообщения являются состояние аэропортов и общедоступность услуг авиакомпаний населению. Существуют определённые трудности с обеспечением функционирования аэропортов, находящихся в регионах,

¹ Аэропорты, в которых пункт пропуска через государственную границу РФ работает на нерегулярной основе.

удалённых от основных авиатранспортных потоков. Многие из таких регионов характеризуются суровыми климатическими условиями, низкой плотностью населения и расположены, в том числе, в Арктической зоне. Основными проблемами аэропортов Арктического региона являются: высокая степень износа аэропортовой и аэродромной инфраструктуры; малая интенсивность полётов в данные аэропорты и, соответственно, недостаточное количество средств на эксплуатационное содержание, закупку спецтехники (Круглов, 2014).

Развитие транспортной инфраструктуры является необходимым условием устойчивого социально-экономического развития Восточной Сибири и Дальнего Востока. Экономический рост региона и сопровождающие его процессы расширения внешнеторгового обмена требуют существенного увеличения пропускной способности железных, автомобильных дорог и портов для экспорта и транзита. Развитие транспортной инфраструктуры региона должно носить комплексный характер: согласование планов строительства портовой инфраструктуры со строительством автомобильных и железнодорожных объектов позволит существенно повысить грузооборот портов на Дальнем Востоке, решит проблему узких мест на пути следования транспорта, повысит конкурентоспособность продукции предприятий (Ивашин, Сокол, 2012).

4.2 Стратегия развития транспортных коммуникаций на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока к середине XXI века

В Послании Президента Федеральному Собранию в декабре 2013 года опережающее развитие Восточной Сибири и Дальнего Востока объявлено национальным приоритетом России на весь XXI век (Путин, 2013). На заседании Правительства Российской Федерации 26 марта 2020 года был предложен проект новой транспортной стратегии РФ до 2035 года (Проект транспортной..., 2020), в котором поставлено несколько задач:

- обеспечение связанности территории страны;
- обеспечение экономически эффективных перевозок грузов, ускорение доставки и снижение транспортных издержек, возможность выбора грузоотправителем наиболее оптимальных маршрутов;
- обеспечение перевозок людей качественно, безопасно и доступно по цене;
- встраивание транспортной системы в мировую транспортную сеть;
- повышение защищённости объектов инфраструктуры и транспортных средств от угрозы незаконного вмешательства, а также от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

К сожалению, к концу 2020 г. эта стратегия окончательно не утверждена Правительством РФ.

Решение практически всех этих задач связано с проведением работ по проекту РГО — РФФИ «Современное состояние и динамика опасных природных процессов, влияющих на существующую и перспективную транспортную сеть Сибири и Дальнего Востока».

В рамках обеспечения связанности территории Российской Федерации до 2024 года запланированы строительство и реконструкция участков автомобильных и железных дорог, входящих в международные транспортные коридоры «Север — Юг» и «Восток — Запад»: Байкало-Амурская и Транссибирская железнодорожные магистрали (Восточный полигон), а также автодорожный маршрут Европа — Западный Китай (за рамками исследований по проекту). Предполагается, что за этот период будет построено и реконструировано 3,5 тыс. км федеральных автодорог и 33 автодорожных моста.

Перспективное развитие транспортной сети можно связать с выделением четырёх широтных зон пространственного освоения макрорегиона Сибирь (Алешина и др., 2011), различающихся по степени освоённости территорий и природным условиям:

- «Южный широтный пояс» — зона сплошного освоения, обеспеченная сельскохозяйственными землями, водой и транспортной инфраструктурой;
- «Ближний Север» — зона очагового освоения, перспективная для разработки крупных месторождений и переработки природных ресурсов, создания крупных территориально-промышленных комплексов, включающих месторождения, объекты энергетики, транспортные магистрали, поселения разных типов (города, посёлки);
- «Дальний Север» — зона точечного освоения, перспективная для разработки крупных месторождений с созданием вахтовых поселений и системы вывоза добытых природных ресурсов;
- «Арктический пояс» — зона граничного освоения, где перспективны разработка крупных месторождений, создание навигационной инфраструктуры для обеспечения безопасности авиaperелётов и прохождения судов по Северному морскому пути, размещение военных и пограничных объектов.

Каждый из этих широтных поясов характеризуется освоенностью территории, характером расселения населения, развитием инфраструктуры.

Наиболее благоприятная ситуация отмечается в «Южном широтном поясе» Восточной Сибири и Дальнего Востока, где требуется модернизация транспортных коммуникаций в связи с перспективным освоением территории, увеличением грузопотоков. Важным является ускорение перевозки пассажиров и грузов, для чего, по мнению В.С. Ефимова с соавторами (Сибирь..., 2018), необходимо строительство дублёра Западно-Сибирской высокоскоростной железной дороги на эстакаде, как это делается в Китае.

Широтный пояс «Ближний Север» — зона очагового освоения. Для этого пояса важно сохранение и укрепление существующей инфраструктуры, развитие межрегиональных транспортных сетей.

Территория широтного пояса «Дальний Север» — это зона точечного освоения, поэтому важно развитие региональных транспортных коммуникаций, связанных с федеральными транспортными коммуникациями.

Самый северный «Арктический пояс» — это зона ограниченного освоения с точечным расселением, практически отсутствием современных автомобильных дорог с твёрдым покрытием. Транспортная связь осуществляется в основном речным, морским и авиационным транспортом, а также по зимникам.

В связи с малой плотностью автомобильных и железных дорог на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока необходима разработка стратегии развития этих транспортных коммуникаций с учётом развития авиационного, водного и морского транспортов к середине XXI века. Учитывая, что на территории Российской Федерации в настоящее время отмечается изменение климата, а также прогнозируется ещё большее потепление к середине XXI века, то развитие транспортной сети необходимо производить с учётом этих изменений. В частности, при стратегическом планировании развития транспортной сети необходимо учитывать изменение распространения, режима таких опасных природных процессов, как наводнения, снежные лавины, селевые потоки и опасные геокриологические процессы, с которыми на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока связано наибольшее число чрезвычайных ситуаций и ущерб от них.

Стратегия развития транспортной сети на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока должна быть основана также с учётом освоения перспективных территорий, в частности горнодобывающей промышленности, развития территорий опережающего развития, развития морского и воздушного транспорта.

Восточная Сибирь и Дальний Восток помимо огромных запасов древесины богаты многочисленными месторождениями полезных ископаемых (рис. 4.2.1, 4.2.2).

Основные разведанные и осваиваемые месторождения различных металлов сосредоточены в Иркутской области, Забайкальском крае, севере Красноярского края, горных районах Республики Саха (Якутия), Магаданской области, севере Чукотского автономного округа, на юге Хабаровского края, в Приморском крае и в отдельных районах Камчатского края.

Драгоценные металлы распространены в основном на юге Красноярского края и Республики Саха (Якутия), в Республике Хакасия, Забайкальском крае, Амурской области и Хабаровском крае и Магаданской области. Месторождения нефти и газа сосредоточены в Красноярском крае, Иркутской области, Республике Саха (Якутия) и Сахалинской области.

Районы распространения бурого и каменного угля сосредоточены в Красноярском крае, Республиках Хакасия, Тыва, Бурятия, Саха (Якутия), Забайкальском крае, Амурской и Иркутской областях.

На территории Восточной Сибири и Дальнего Востока А.А. Кококшиным с соавторами (Сценарии..., 2011) выделяется ряд перспективных территорий, которые включают основные районы добычи полезных ископаемых (рис. 4.2.3).

Учитывая развитие горнодобывающей промышленности, стратегическое развитие транспортной сети на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока должно быть основано на строительстве основных магистральных путей федерального значения и радиальных межрегиональных и региональных сетей, связывающих федеральные трассы с основными районами развития горнодобывающей промышленности. Помимо этого, развитие транспортной сети на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока должно производиться с учётом ближней и дальней временной перспективы.

Анализ существующей транспортной сети на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока, распространения опасных природных процессов и их опасности и риска на начало и середину XXI века позволил предложить систему транспортных коммуникаций. При этом также учитывались возможные территории экономического развития в XXI веке.



Рис. 4.2.3 Перспективные центры развития горнопромышленных комплексов в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке (Сценарии..., 2011)

Территория на юге Восточной Сибири и Дальнего Востока наиболее освоена и имеет развитую транспортную систему по сравнению с центральными и северными районами. Поэтому здесь предложения по развитию транспортной сети минимальны. Они включают строительство железной дороги Курагино — Кызыл (рис. 4.2.4), о которой говорят уже много лет, а также её продолжение до границы с выходом в Урумчи (Китай). Железная дорога будет проходить по районам со средней и низкой степенью селевой опасности и средней и высокой степенью лавинной опасности. К середине XXI века в этом районе про-

гнозируется снижение селевой опасности и практически неизменная степень лавинной опасности. Опасность наводнений к середине XXI века снизится со средней и высокой степени до низкой. Опасность геокриологических процессов к середине XXI века останется практически неизменной.

Строительство железной дороги от Комсомольска-на-Амуре до порта Де-Кастри (возможен её переход на остров Сахалин по тоннелю и соединении с существующей железной дорогой). Совмещённая автомобильная дорога с железной дорогой от Комсомольска-на-Амуре до порта Де-Кастри с продолжением до города Николаевск-на-Амуре. В целом опасность и риск рассматриваемых природных процессов на этих территориях снизятся к середине XXI века.

В южной части Дальнего Востока необходима модернизация участка железной дороги с выходом к Северной Корее (Сибирцево — Турий Рог), а также строительство железной дороги от Сибирцево к морскому порту Рудная Пристань. На этой территории степень опасности и риска геокриологических процессов, снежных лавин и селевых потоков снизятся, исключением являются наводнения, повторяемость которых может увеличиться.

Реконструкция, а фактически строительство новой автомобильной дороги от Усть-Кута до Советской Гавани вдоль Байкало-Амурской магистрали. Основные природные опасности в начале XXI века — опасные криогенные процессы (пучение грунтов, наледи, морозное растрескивание), лавины, сели. К середине XXI века опасность геокриологических процессов останется высокой, но снизится степень селевой опасности, при неизменной степени лавинной опасности. Существенным образом до высокой степени увеличится опасность наводнений к середине XXI века по полосе трассы в пределах Амурской области и особенно Хабаровского края.

БАМ и Западно-Сибирская магистраль имеют несколько железнодорожных соединений, но все они расположены в её восточной части, поэтому необходимо строительство совмещённой железной дороги с автомобильной дорогой от Читы

до Таксимо. Строительство этой сети дорог можно отнести к концу XXI века. К середине XXI века интегральное значение риска рассматриваемых процессов увеличится на 10–20%, в основном за счёт геокриологических процессов и на отдельных участках распространения наводнений.

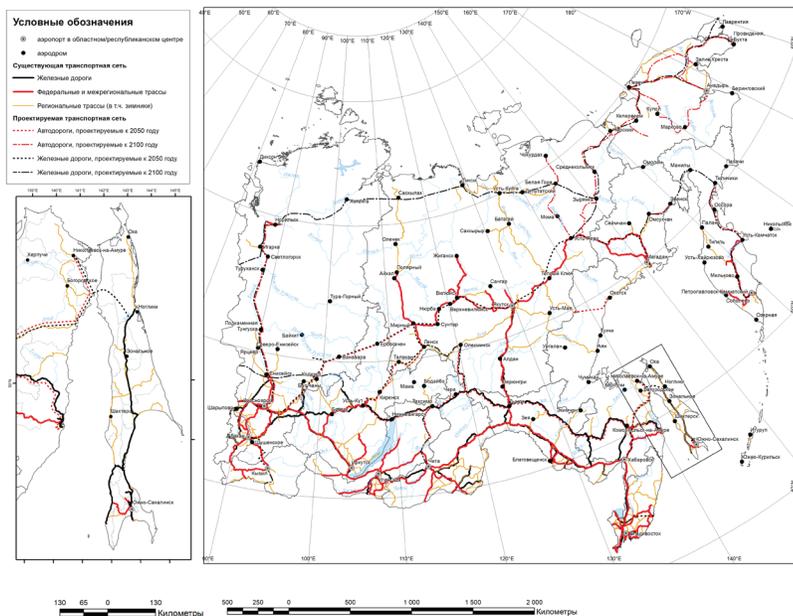


Рис. 4.2.4. Перспективная транспортная сеть автомобильных и железных дорог федерального значения к середине и концу XXI века

Важнейшим направлением строительства автомобильной и железной дорог по своей грандиозности и важности является направление Красноярск — Кодинск — Ванавара — Ермагочен — Мирный — Сунтар — Вилючинск — Якутск с дальнейшей пролонгацией вдоль автотрассы «Колыма» до Магадана. К середине XXI века опасность и риск по этим трассам увеличатся (10–20%) в основном за счёт геокриологических опасностей и наводнений, а опасность и риск снежных лавин и особенно селевых потоков снизятся.

Перспективным является также строительство до середины XXI века совмещённой железной и автомобильной дорог от Усть-Кута до Ленска через Киренск и Талакан и соединение Ленска с Мирным.

Развитие остальной предлагаемой транспортной сети в перспективе должно быть осуществлено к концу XXI века. Во-первых, это северный широтный ход железной дороги от Игарки через Норильск, Хатангу, Саскылах, Тикси, Депутатский, Белая гора до Зырянки. Далее от Зырянки совмещённая автомобильная и железная дороги через Среднеколымск, Черский, Кепервеем, Певек до Анадыря с ответвлением до Providения. К середине XXI века на всем протяжении этой трассы будет отмечаться рост опасности и риска рассматриваемых природных процессов, особенно геокриологических процессов и наводнений. Рост риска от геокриологических процессов и наводнений составит более 30% в пределах Красноярского края и севера западной части Республики Саха (Якутия). Далее на восток значения роста риска природных опасностей для автомобильной и железной дорог снижаются до 10–20%, а в пределах Чукотского автономного округа — менее 10%. Строительство этой железной дороги к концу XXI века будет возможно, несмотря на высокие риски геокриологических процессов, в связи с возможным развитием новых технологий строительства транспортных коммуникаций в районах развития многолетнемерзлых пород.

К концу XXI века перспективным будет соединение совмещённой автомобильной и железной дорог Красноярск — Магадан с северным широтным ходом от Усть-Неры до Зырянки. К середине XXI века на участке этих трасс прогнозируется в основном рост риска геокриологических процессов и наводнений на 20–30%, снижение риска селевых потоков на 30–50% и снижение риска снежных лавин. Второе соединение перспективно на территории Красноярского края вдоль р. Енисей через Енисейск, Ярцево, Подкаменную Тунгуску, Туруханск, Светлогорск с выходом к Игарке. Для этих меридиональных трасс к середине XXI века будет отмечать-

ся рост риска геокриологических процессов и наводнений на 20–30% и снижение риска снежных лавин и селевых потоков на 30–50%.

Наконец, нельзя не рассматривать проект соединения полуострова Камчатка с «большой землёй»: Петропавловск-Камчатский — Мильково — Усть-Камчатск — Тилички — Манилы — Эвенск — Омсукчан и далее до Магадана. На большей части этой трассы к середине XXI века на территории Магаданской области и севера Камчатского края будет отмечаться незначительный рост интегрального риска природных процессов (0–10%). Рост значений риска будет происходить за счёт роста риска наводнений (рост 20–30%, а в прибрежных районах более чем на 30%) и геокриологических опасностей (распределение такое же), при значительном снижении риска селей и снежных лавин (более чем на 50%). В пределах Усть-Камчатского, Мильковского и Елизовского районов интегральное значение риска природных процессов снизится на 10–20%.

К концу XXI века рекомендуется соединение БАМа с проектируемой трассой Красноярск — Ленск от пос. Чара через Олекминск до Ленска. На территории этого участка прогнозируется рост интегрального значения риска природных опасностей почти на 30%, за счёт роста риска геокриологических процессов и наводнений до 30% и снижения риска селевых потоков на 50% и снежных лавин на 10%.

Заключение

Различие в распространении, активности геокриологических процессов наводнений, снежных лавин и селевых потоков на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока определяет наличие очень опасных и практически безопасных территорий для транспортных коммуникаций. В настоящее время сеть транспортных коммуникаций развита только на юге региона, где территории характеризуются средней степенью опасности исследуемых процессов, за исключением южных районов Республики Бурятия, Иркутской области, территории Республик Тыва и Хакасия, где суммарная степень опасности природных процессов для транспортных коммуникаций характеризуется высокой категорией. На остальной территории Восточной Сибири и Дальнего Востока суммарная степень опасности природных процессов для транспортных коммуникаций характеризуется в основном высокой степенью опасности, за исключением центральных равнинных районов Республики Саха (Якутия), Камчатского полуострова, юга Хабаровского края и территории Приморского края. Районы с низкой суммарной степенью опасности природных процессов для транспортных коммуникаций распространены на юге Красноярского края, севере Иркутской области и юге Приморского края.

Климатические изменения к середине XXI века повлияют на активность и опасность природных процессов. В наибольшей степени суммарная степень опасности природных процессов увеличится в центральных районах Республики Саха (Якутия). Степень опасности возрастёт со средней до высокой. Такая же тенденция роста степени опасности природных процессов для транспортных коммуникаций будет отмечаться в центральных районах Хабаровского края, Приморском крае, Амурской области, юге Забайкальского края. Снижение степени опасности с высокой до средней затронет территории муниципальных образований крайнего юга

Красноярского края и Республики Хакасия. Распространение районов с низкой суммарной степенью опасности природных процессов практически не изменится.

Рост суммарной степени опасности природных процессов для транспортных коммуникаций к середине XXI века связан в первую очередь с увеличением степени опасности комплекса геокриологических процессов и наводнений, в то время как степень опасности селевых потоков и снежных лавин снизится практически во всех регионах. Для селевых потоков исключением являются муниципальные образования на юге Хабаровского края и в Приморском крае, где степень опасности возрастёт.

Наибольшие риски опасных природных процессов для транспортных коммуникаций на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока связаны с проявлением наводнений (80%) и геокриологических опасностей (14%). На риски, связанные с селевыми потоками и снежными лавинами, приходится соответственно 4 и 2%.

Наибольшие значения риска в начале XXI века характерны для транспортных коммуникаций Приморского края, Республики Саха (Якутия), Хабаровского края и Иркутской области. На долю этих субъектов Российской Федерации приходится 71% вероятных ущербов на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока. Наименьшими значениями риска природных процессов для транспортных коммуникаций характеризуются территории Республик Тыва и Хакасия.

К середине XXI века тенденции в изменении природного риска будут такими же, как и степени опасности: риск для транспортных коммуникаций увеличится на 14,2%. Рост природного риска для транспортных коммуникаций будет связан с ростом риска геокриологических процессов, наводнений на фоне снижения риска от снежных лавин и селевых потоков. В суммарном значении природного риска для транспортных коммуникаций к середине XXI века увеличится доля рисков, связанных с геокриологическими опасностями, за счёт уменьшения рисков селевых потоков и снежных лавин при

практически неизменной доле в суммарном значении риска наводнений.

Наибольший риск опасных природных процессов для транспортных коммуникаций будет отмечаться на севере Восточной Сибири и Дальнего Востока, где его рост будет превышать 30%. Снижение риска опасных природных процессов к середине XXI века будет отмечаться на территории Камчатского края, отдельных муниципальных образований Иркутской области, Республик Хакасия, Бурятия и Забайкальского края. На остальной территории Восточной Сибири и Дальнего Востока будет отмечаться рост риска опасных природных процессов на 10–20%.

Такие изменения природного риска к середине XXI века существенным образом скажутся на росте затрат на эксплуатацию существующих транспортных коммуникаций и развитие новых транспортных коммуникаций. Учитывая стратегические планы развития экономического потенциала территории Восточной Сибири и Дальнего Востока, предложена стратегия развития транспортных коммуникаций. Она основана на учёте изменения опасности и риска природных процессов для транспортных коммуникаций. Предлагается развивать транспортную сеть в течение двух временных интервалов: до середины XXI и к концу XXI века. Территории развития транспортной сети к концу XXI века будут охватывать районы с самым высоким природным риском, в основном связанным с развитием геокриологических процессов, с учётом того, что к этому времени будут предложены новые технологии строительства транспортных коммуникаций в условиях распространения многолетнемёрзлых пород. Второй важной особенностью развития транспортных сетей на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока является строительство совмещённых железных и автомобильных дорог, что позволит в значительной степени снизить затраты на их строительство и эксплуатацию в дальнейшем. С учётом увеличения риска геокриологических процессов и снижения риска селевых потоков и снежных лавин на территории

Восточной Сибири и Дальнего Востока предлагается развивать транспортные коммуникации через районы с низкими значениями опасности и риска селевых потоков и снежных лавин.

В данной работе основное внимание было уделено развитию федеральной транспортной сети. Развитие региональных транспортных сетей должно быть основано на потребности каждого субъекта с учётом развития экономики и опасных природных процессов на их территориях.

В заключение надо отметить, что развитие транспортной сети Восточной Сибири и Дальнего Востока позволит оживить экономику данной территории, увеличить безопасность территории в военном отношении, а также осуществить транспортную доступность.

Список литературы

1. Авакян А.Б., Истомина М.Н. Наводнения как глобальная многоаспектная проблема // Вестник РАН. — 2002. — Т. 72. — № 12. — С. 1–21.
2. Алексеев В.Р. Наледеведение. — Новосибирск: Изд-во СО РАН. — 2007. — 428 с.
3. Алексеевский Н.И., Магрицкий Д.В., Крыленко И.Н., Юмина Н.М., Айбулатов Д.Н., Ефремова Н.А. Стрoение и опасные гидрологические явления в Черноморской природно-экономической зоне побережья // Сборник «Природные и социальные риски в береговой зоне Черного и Азовского Морей» / под ред. Колтерманна К.П., Добролюбова С.А., Алексеевского Н.И. — М.: Изд-во Триумф. — 2012. — С. 4–16.
4. Алешина О.В, Бондаренко Л.А., Ионова В.Д. Контурь будущих арктических АТПК // Траектории проектов в высоких широтах. — Новосибирск: Наука. — 2011. — С. 267–283.
5. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков. Сибирский федеральный округ / под ред. Шойгу С.К. — М.: Изд-во НПЦ «Дизайн. Информация. Картография». — 2009. — 382 с.
6. Атлас снежно-ледовых ресурсов мира. — М.: НПП «Картография». — 1997. — 392 с.
7. Баду Ю.Б. Криолитология. — М.: КДУ. — 2010. — 528 с.
8. Безруков Л.А., Гагаринова О.В., Кичигина Н.В., Корытный Л.М., Фомина Р.А. Водные ресурсы Сибири: состояние, проблемы и возможности использования // География и природные ресурсы. — 2014. — № 4. — С. 30–41.
9. Булгаков А.Б., Шубин В.С. Перспективы защиты автомобильных дорог Магаданской области от снежных лавин. // Труды Третьего Всесоюзного совещания по лавинам. — Л.: Гидрометеиздат. — 1989. — С. 33–36.

10. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Катастрофические наводнения начала XXI века: уроки и выводы. — М.: ООО «ДЭКС-ПРЕСС». — 2003. — 352 с.
11. Воскресенский К.С. Современные рельефообразующие процессы на равнинах севера России. — М.: Изд-во географического факультета МГУ. — 2001. — 262 с.
12. Гагаринова О.В., Кичигина Н.В., Корытный Л.М. Особенности гидрологического режима рек Сибири // Сборник трудов Третьей открытой конференции Научно-образовательного центра «Речной сток: пространственно-временная изменчивость и опасные гидрологические явления». 13 ноября 2014 г. / отв. ред. Алексеевский Н.И. — М.: Кафедра гидрологии суши МГУ имени М.В. Ломоносова, ИВП РАН. — 2014. — С. 83–100.
13. География лавин / под ред. Мягкова С.М., Канаева Л.А. — М.: Изд-во МГУ. — 1992. — 330 с.
14. Горбунов А.П., Титков С.Н. Каменные глетчеры гор Средней Азии. — Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР. — 1984. — 164 с.
15. ГОСТ19179-73 Гидрология Суши. Термины и определения. Москва. 1973.
16. Гребенец В.И., Домникова Е.А., Краев Г.Н. Активизация опасных криогенных процессов под влиянием техногенеза в индустриальных центрах // Материалы Третьей Международной конференции «Город в Заполярье и окружающая среда». — Воркута: ГУ «Республиканский экологический центр по изучению и охране восточноевропейских тундр». — 2003. — С. 87–92.
17. Гребенец В.И., Сократов С.А., Толманов В.А., Турчанинова А.С., Шныпарков А.Л. Оценка воздействия геокриологических процессов на транспортную сеть Сибири и Дальнего Востока // Материалы XV Общероссийской научно-практической конференции «Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации», г. Москва, 26–29 ноября 2019 г. — М.: Изд-во Геомаркетинг. — 2019. — С. 253–258.

18. Добровольский С.Г., Истомина М.Н. Наводнения мира. — М.: ГЕОС. — 2006. — 256 с.
19. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации. — Санкт-Петербург: ФГБУ «ГГО». — 2017. — 106 с.
20. Ивашин А.С., Сокол К.П. Транспортная инфраструктура востока России // Транспорт Российской Федерации. — 2012. — № 2 (39). — С. 22–26.
21. Инженерные изыскания для строительства в районах развития селевых процессов. Общие положения. СП 479.1325800.2019 — М: Минстрой. — 2019. — 54 с.
22. Казаков Н.А., Жукова З.И. Районирование о-ва Сахалин по степени проявления селевой деятельности // Труды гидрометцентра Сахалинского УГМС. Региональные исследования. — Южно-Сахалинск: СУГМС. — 1988. — С. 131–137.
23. Каталог заторных и зажорных участков рек СССР. Том 1. Европейская часть СССР. — Л.: Гидрометеиздат. — 1976. — 260 с.
24. Кизяков А.И., Лейбман М.О. Рельефообразующие криогенные процессы: Обзор литературы за 2010–2015 годы // Криосфера Земли. — 2016. — Т. XX. — № 4. — С. 45–58.
25. Конищев В.Н. Реакция вечной мерзлоты на потепление климата // Криосфера Земли. — 2011. — Т. XV. — № 4. — С. 15–18.
26. Круглов А.А. Перспективы модернизации аэропортов и развитие авиаперевозок в Арктическом регионе // Транспорт Российской Федерации. — 2014. — № 6 (55). — С. 4–6.
27. Лавиноопасные районы Советского Союза. / под ред. Тушинского Г.К. — М.: Изд-во МГУ. — 1970. — 200 с.
28. Лапердин В.К., Тржцинский Ю.Б. Экзогенные геологические процессы и сели Восточного Саяна. — Новосибирск: Наука. — 1977. — 107 с.

29. Лейбман М.О., Кизяков А.И. Криогенные оползни Ямала и Югорского полуострова. — М.: Изд-во Институт криосферы Земли СО РАН. — 2007. — 205 с.
30. Методы геокриологических исследований: учебное пособие. / под ред. Ершова Э.Д. — М.: Изд-во МГУ. — 2004. — 512 с.
31. Мягков С.М., Баулина Л.Л., Шныпарков А.Л. Определение показателей лавинной опасности для её крупномасштабной оценки. — М.: Деп. ВИНТИ. — № 5279–В87. — 1987. — 117 с.
32. Нежиховский Р.А. Наводнение на реках и озёрах. — Л.: Гидрометеиздат. — 1988. — 183 с.
33. Основы геокриологии. Т. 3. Региональная и историческая геокриология мира / под ред. Ершова Э.Д. — М.: Изд-во МГУ. — 1998. — 390 с.
34. Павлов А.В. Состояние промышленной безопасности на территории Иркутской области // Экологическое страхование: региональные особенности и международный опыт: Материалы Всерос. семинара «Риск и страхование». — Иркутск: Изд-во Ин-та систем энергетики СО РАН. — 1998. — С. 118–123.
35. Перов В.Ф. Селеведение. Учебное пособие. — М.: Географический факультет МГУ. — 2012. — 272 с.
36. Попов А.И. Мерзлотные явления в земной коре (криолитология). — М.: Изд-во МГУ. — 1967. — 324 с.
37. Проект Транспортной стратегии на период до 2035 года. Заседание Правительства 26 марта 2020 г. <http://government.ru/news/39277/#ditrich>.
38. Путин В.В. Послание Президента Федеральному Собранию. Стенограмма выступления. М., 12.12.2013. URL: <http://www.kremlin.ru/transcripts/17118>.
39. Региональная криолитология. / под ред. Попова А.И. — М.: Изд-во МГУ. — 1989. — 256 с.
40. РЖД перевозки <https://cargo.rzd.ru/>
41. РЖД компания <https://company.rzd.ru/>

42. Романовский Н.Н. Основы криогенеза литосферы: Учебное пособие. — М.: Изд-во МГУ. — 1993. — 336 с.
43. Росавиация <https://favt.ru/>
44. Росстат РФ <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/munst.htm>.
45. Рыбальченко С.В. Селевые процессы на склонах морских террас южного Сахалина. // Вестник ДВО РАН. — 2013. — № 3 (169). — С. 52–59.
46. Сибирь и Дальний Восток в XXI веке: сценарные варианты будущего: аналитический доклад. / под ред. Ефимова В.С. — Красноярск: СФУ. — 2018. — 76 с.
47. Снежные лавины России <http://www.geogr.msu.ru/avalanche>.
48. Сценарии развития Восточной Сибири и российского Дальнего Востока в контексте политической и экономической динамика Азиатско-Тихоокеанского региона до 2030 года: аналитический доклад. / Научный руководитель Коккошкин А.А., координаторы проекта Константинов Н.Г., Саунин В.Н., осн. авторы Аносова Л.А., Коржубаев А.Г., Панов А.Н., Виханский О.С., Потапов В.Я., Островский А.В., Рензин О.М., Заверский С.М., Кононова В.Ю., Флимонова И.В., Эдер Л.В., Бахтуров А.С., Безрядин М.В., Карташов С.В., Мишенин М.В., Неведеев А.В., Плеханов Д.А., Распутин М.В., Саунин О.В., Сергеев А.С., Столяр В.А., Юдин Д.В. — М.: Едиториал УРСС. — 2011. — 120 с.
49. Таратунин А.А. Наводнения на территории Российской Федерации. — Екатеринбург: Изд-во ФГУП РосНИИВХ. — 2008. — 432 с.
50. Титков С.Н. Геокриология горных стран. — М.: Географический факультет МГУ. — 2006. — 133 с.
51. Толманов В.А., Гребенец В.И., Курбатов А.С., Павлушин В.Б. Термоэрозия сильнольдистых грунтов на территории Ямбургского газоконденсатного месторождения // Сборник докладов расширенного заседания Научного Совета по криологии Земли РАН. — Т. 1. — Москва. — 2018. — С. 195–201.
52. Тумской В.Е. Термокарст и его роль в развитии региона моря Лаптевых в позднем плейстоцене и голоцене. Дис-

- сертация на соиск. учен. степени кандидата геолого-минералогических наук. — Москва: Геолог. ф-т МГУ. — 2002. — 116 с.
53. Федеральное агентство морского и речного флота <http://www.morflot.ru>
54. Федеральное дорожное агентство <https://rosavtodor.ru/>
55. Фельдман Г.М. Термокарст и вечная мерзлота. — Новосибирск: Наука. — 1984. — 259 с.
56. Фобос <https://vk.com/fobosplanet>
57. Baburin V.L., Gavrilova S.A., Koltermann P.K., Seliverstov Yu.G., Sokratov S.A., Shnyuparkov A.L. Quantification of economic and social risks of debris flows for the Black Sea coastal region of the North Caucasus // *Geography, Environment, Sustainability*. — 2014. — V. 7. — № 3. — С. 108–122. doi: 10.24057/2071-9388-2014-7-3-108-122.
58. Lantuit H., Atkinson D., Overduin P.P., Grigoriev M., Rachold V., Grosse G., Hubberten H.-W. Coastal erosion dynamics on the permafrost dominated Bykovsky Peninsula, north Siberia, 1951–2006 // *Polar Research*. — 2011. — V. 30. — № 1. — 7341. doi: 10.3402/polar.v30i0.7341.
59. Li F., Gao Y.-Q. The project Siberian High in CMIP5 models // *Atmospheric and Oceanic Science Letters*. — 2015. — V. 8. — № 4. — P. 179–184. doi: 10.3878/AOSL20140101.
60. Miao Ch., Duan Q., Sun Q., Huang Y., Kong D., Yang T., Ye A., Di Zh., Gong W. Assessment of CMIP5 climate models and projected temperature changes over Northern Eurasia // *Environmental Research Letters*. — 2014. — V. 9. — № 5. — 055007. doi: 10.1088/1748-9326/9/5/055007.
61. Qui J. Avalanche hotspot revealed // *Nature*. — 2014. — V. 509. — № 7499. — P. 142–143. doi: 10.1038/509142a.
62. Romanovsky V.E., Drozdov D.S., Oberman N.G., Malkova G.V., Kholodov A.L., Marchenko S.S., Moskalenko N.G., Sergeev D.O., Ukraintseva N.G., Abramov A.A., Gilichinsky D.A., Vasiliev A.A. Thermal state of permafrost in Russia // *Permafrost and Periglacial Processes*. — 2010. — V. 21. — № 2. — P. 136–155. doi: 10.1002/ppp.683.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Введение</i>	3
1. Распространение опасных природных процессов на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока	13
1.1 Наводнения	13
1.2 Геокриологические процессы	28
1.3 Снежные лавины	52
1.4 Селевые потоки	73
2. Опасность снежных лавин, селевых потоков, наводнений и геокриологических процессов для транспортных коммуникаций	99
2.1 Наводнения	99
2.2. Геокриологические опасности	102
2.3 Снежные лавины	114
2.4 Селевые потоки	121
2.5 Комплексная оценка опасности природных процессов для транспортных коммуникаций в начале и середине XXI века	125
3. Риск опасных природных процессов для транспортных коммуникаций на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока	131
3.1 Наводнения	131
3.2 Геокриологические процессы	136
3.3 Снежные лавины	149
3.4. Селевые потоки	156
3.5 Комплексная оценка риска опасных природных процессов для транспортных коммуникаций в начале и середине XXI века	162

4. Развитие транспортных коммуникаций на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока с учётом опасных природных процессов.....	170
4.1. Современное состояние транспортных коммуникаций на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока	170
4.2 Стратегия развития транспортных коммуникаций на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока к середине XXI века.....	177
<i>Заключение.....</i>	<i>188</i>
<i>Список литературы.....</i>	<i>192</i>

**РАЗВИТИЕ
ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ СИБИРИ
И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА С УЧЁТОМ
ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ
И ЯВЛЕНИЙ**

Под редакцией А.Л. Шныпаркова

Издательство «Перо»
109052, Москва, Нижегородская ул., д. 29–33, стр. 27, ком. 105
Тел.: (495) 973–72–28, 665–34–36
www.pero-print.ru e-mail: info@pero-print.ru
Подписано в печать 09.02.2021. Формат 60х90/16.
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 12,5. Тираж 70 экз. Заказ 091.
Отпечатано в ООО «Издательство «Перо»