

ФАКТОРЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ КОРИДОРА ТРАССЫ ПОЛЯРНО-УРАЛЬСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ (ВОСТОЧНЫЙ СКЛОН УРАЛА)

О. Н. Грязнов, М. С. Мартыненко, И. Г. Петрова

Factors of geological engineering conditions of Polar-Ural railway route corridor (eastern slope)

O. N. Gryaznov, M. S. Martynenko, I. G. Petrova

Physical-geographical factors of engineering-geological conditions were examined (orographical, hydrological, climatic conditions of the territory). Regional geological factors are described: geological structure of the area, rock formation of various composition and origin, hazardous geological processes and related phenomena: weathering (physical, frost weathering), cryogenic (frost polygonal cracking, frost-heaving, spotting, ice build-up, snow patches, thermokarst); gravitation processes (slides, landslides, solifluction); erosion processes (river, gully erosion, alluvial cones, sills); fluvial processes (water logging). Technogenic factors related to mining, transport and residential complexes were characterized. Typification of geotechnical conditions of Polar-Ural railway route corridor was carried out: the area of Sob river valley with subareas of valley complex of the river and its inflows with engineering-geological regions and subregions, subarea of modern water-dividing areas with engineering-geological regions and subregions is conducted investigations give evidence of the complex construction environment and operation of railway within the environmental conditions of Polar Ural. Organization of complex engineering-geological monitoring with the development of environmental measures is recommended.

Keywords: Polar Ural; railway; engineering-geological conditions.

Рассмотрены физико-географические факторы инженерно-геологических условий (орографические, гидрографические, климатические условия территории). Описаны региональные геологические факторы: геологическое строение площади, горные породы различного состава и происхождения; опасные геологические процессы и связанные с ними явления: выветривание (физическое, морозное); криогенные (морозное полигональное растрескивание, морозное пучение, пятнообразование, наледи, снежники, термокарст); гравитационные процессы (осыпи, обвалы, оползни, солифлюкция); эрозионные процессы (речная, овражная эрозия, конусы выноса, сели); флювиальные процессы (заболачивание). Охарактеризованы техногенные факторы, связанные с горнодобывающим, транспортным и селитебным комплексами. Проведена типизация инженерно-геологических условий коридора трассы Полярно-Уральской железной дороги: выделена область долины реки Сось с подобластями долинного комплекса реки и ее притоков с инженерно-геологическими районами и подрайонами, подобласть современных водораздельных пространств с инженерно-геологическими районами и подрайонами. Проведенные исследования свидетельствуют о сложной обстановке строительства и эксплуатации железной дороги в природных условиях Полярного Урала. Рекомендована организация комплексного инженерно-геологического мониторинга с разработкой природоохранных мероприятий.

Ключевые слова: Полярный Урал; железная дорога; инженерно-геологические условия.

Полярно-Уральская железная дорога Сейда-Лабитнанги имеет большое хозяйственное значение в части транспортировки грузов с севера Ямало-Ненецкого автономного округа (нефть, сжиженный газ) и Полярного Урала (твердые полезные ископаемые – уголь, руды черных, цветных, редких металлов и золота) в центральные районы Российской Федерации и на Урал. При сегодняшней схеме транспортных сообщений перевоз грузов возможен по направлениям: Лабитнанги–Москва, Лабитнанги–Санкт-Петербург, Лабитнанги–Киров–Пермь–Екатеринбург. По трансуральской магистрали на север: Екатеринбург–Приобье, на юг: Екатеринбург–Челябинск–Орск–Оренбург. При необходимости есть возможность использовать горнозаводскую трассу Пермь–Нижний Тагил. В связи с изложенным очевидна актуальность изучения инженерно-геологических условий Полярно-Уральской железной дороги (восточный склон). Формирование инженерно-геологических условий коридора трассы определяется взаимодействием физико-географических, региональных геологических и техногенных факторов [1, 2].

Физико-географические факторы включают орографические, гидрографические и климатические условия территории [3].

Рассмотренная территория в *орографическом отношении* находится в центральной части Полярного Урала, на стыке различных по сложности орографического строения областей – Уральской и Зауральской структурно-фациальных зон. В их пределах выделяются три геоморфологические зоны: кряжа, педимента и Зауральской аккумулятивной равнины.

В *зоне кряжа* структурно-денудационный рельеф представлен альпийским среднегорьем с абсолютными отметками 450–1000 м и отдельными вершинами высотой 1100–1300 м. Склоны крутые, осложнены эрозионными ложбинами и рывтинами, лавинными желобами, нивальными нишами.

Денудационно-эрозионный рельеф выражен различными формами речных долин. Долины рек и ручьев в верховьях – типичные трюги, часто с карами у истоков, ступенчатым продольным профилем и V-образным поперечным профилем с крутыми, местами асимметричными склонами долин. В низовьях профиль имеет корытообразное, редко U-образное поперечное сечение. В некоторых долинах на известняках развит карст.

Денудационный рельеф представлен древними формами рельефа, к которым относятся реликты мел-палеогеновых поверхностей выравнивания, расположенных на высотных отметках от 500–600 м до 800–1000 м. В морфологическом плане это изолированные субгоризонтальные площадки размером 0,1–2,0 км, покрытые маломощным чехлом элювиальных и элювиально-делювиальных отложений, осложненные десерпцией нагорных террас с развитием медальонов вымораживания, пятен многоугольников, связанных с криогенными процессами. Поверхности в значительной степени переработаны покровными оледенениями.

Аккумулятивный рельеф имеет подчиненное распространение. В выработанных долинах рек и ручьев (Ниягу, Бадьяшор и Сось) сформирован аккумулятивный рельеф ледникового происхождения. Днища долин, трюгов и прилегающие к ним склоны выполнены полярноуральской моренной горно-долинной оледенения, создающей полого-холмистый рельеф. Высота гряд и бугров от первых метров до 20 м. Террасовый комплекс рек в этой зоне представлен в верховьях низкой и высокой поймами, в среднем и нижнем течении фрагментарно I, II, III надпойменными террасами. В большинстве случаев террасы аккумулятивные, реже эрозионно-аккумулятивные.

В *зоне педимента* денудационный рельеф является непосредственным продолжением отрогов хребтов и массивов зоны кряжа. Граница между зонами четко выделяется по резкому перегибу и изменению характера рельефа. Зона остаточных низких гор представляет полосу холмисто-увалистого рельефа с абсолютными отметками от 100 до 450 м, характеризуется уплощенными водоразделами, вытянутыми грядками, увалами, невысокими холмами с незначительным перепадом высот. К наиболее часто встречающимся формам рельефа относятся солифлюкционные террасы, оплывины, скальные останцы, литоформные гряды. Возраст рельефа – неоген-четвертичный.

Аккумулятивный рельеф представлен в этой зоне повсеместно развитыми вдоль рек высокой и низкой поймами. В долине р. Сось фрагментарно прослеживаются I и II аккумулятивные террасы.

Аккумулятивная равнина Зауральской СФЗ расположена на юго-востоке площади. Граница с педиментом в зоне предгорий обозначена в рельефе фрагментарно выраженным невысоким (до 2 м) структурно-денудационным уступом. Абсолютные отметки местности изменяются

Таблица 1. Основные типы опасных процессов и явлений коридора трассы Полярно-Уральской железной дороги.

Процессы	Явления	Коэффициент поражения K_n
Выветривание (физическое, морозное)	Курумы, каменные поля, потоки	0,01–0,3
Криогенные	Морозобойное растрескивание	0,01–0,2
	Морозное пучение	До 0,3
	Пятнообразование	До 0,25
	Наледа	0,1–0,25
	Снежники	–
	Термокарст	0–0,5
Гравитационные	Осыпи и обвалы	0,01–0,5
	Оползни	0,01–0,2
	Солифлюкция	До 0,5
Флювиобалансовые: эрозийные	Речная эрозия	–
	Овраги, балки	–
	Конусы выноса	–
	Сели	–
	абразионные	Термоабразионные уступы
флювиальные	Переработка берегов	–
	Заболачивание	0–0,5

от 40 до 130 м. Поверхность аккумулятивной равнины плоская, горизонтальная, характеризуется задернованностью и заболоченностью; осложнена множеством термокарстовых воронок, западин, гидролакколитов, эрозийных ложбин, оврагов и озерных ванн. Эта равнина сложена преимущественно ханмейской мореной и озерно-аллювиальными отложениями предшествующего ханмейскому межледниковью; возраст рельефа – поздний неоплейстоцен.

Гидрографические особенности площади связаны с долиной р. Сось с разветвленной сетью притоков. Самый крупный из них – р. Большая Пайпудына, разделяющая хребты Большой Пайпудынский на западе и юго-западные отроги хребта Большой Харбей-Хой на востоке, трансформирующая Талота-Пайпудынский грабен-синклинорий. Река Сось, начинаясь в северо-западных отрогах массива Райиз, выпуклой к северу дугой, повторяя в породах палеозоя контакт массива, разделяет гипербазиты и нижнепротерозойские комплексы Харбейского антиклинория, пересекая габброиды среднего палеозоя и мезозойскую молассу, уходит на юг к долине р. Оби.

Своеобразие климатических условий Полярного Урала определяется его принадлежностью к субарктической высотнойрусской зоне, положением севернее Северного полярного круга. Годовая величина радиационного баланса составляет 799–850 МДж/м. Суммарная солнечная радиация не превышает 70 ккал/см². Это определяет существование пород в многолетнемерзлом состоянии. Среднегодовая температура –7,6 °С. Среднемесячная температура июля +8,7 °С, января –18,9 °С. Число морозных дней в году 210–270. Среднегодовое количество осадков 750 мм и более. Сумма осадков, выпадающих за летние месяцы, составляет 250–280 мм. Устойчивый снежный покров в горах устанавливается в начале сентября, в предгорьях – в конце сентября. Мощность снежного покрова составляет 50–100 см, в узких подветренных долинах, горных ущельях она достигает 2–5 м. Зимой преобладают ветры южного и юго-западного направлений, летом – северо-восточные и северо-западные. Расчетные величины испарения с поверхности суши около 250 мм/год. Преобладающие атмосферных осадков над испарением обуславливают избыточную увлажненность территории.

Площадь характеризуется сплошным и прерывистым распространением многолетнемерзлых пород (ММП). Прерывистость обусловлена наличием таликовых зон сквозного характера, которые приурочены к руслам рек (Сось, Пайпудына) и к крупным озерам, а также несквозным таликам.

Глубина слоя сезонного протаивания зависит от литологического состава и мощности рыхлых отложений. Она составляет при мощности рыхлого покрова 0–2 м до 6–8 м, 2–4 м – до 4–6 м, больше 4 м – до 2–4 м. Лишь в полосах стока отмечается аномально глубокое (до 8 м) протаивание при мощности четвертичных отложений до 4 м.

Одной из наиболее значимых характеристик ММП является их льдистость. Величина ее определяется характером образования ММП – синкриогенным, либо эпикриогенным. Синкриогенные мерзлые осадки характеризуются относительно постоянной по разрезу повышенной объемной льдистостью. Такие образования в основном характерны для пород озерно-биогенного, элювиального, аллювиального, ледникового, флювиогляциального генезиса. Эпигенетические образования характерны в основном для скальных горных пород.

Региональные геологические факторы охватывают геологическое строение территории, горные породы различного состава и происхождения, геологические процессы и связанные с ними явления [4].

Рассматриваемый район характеризуется чрезвычайно сложным геологическим строением, обусловленным его положением на сопряжении двух региональных структур Урала I порядка, переживших в мезозое тектоно-магматическую активизацию. В геологическом строении территории принимают участие: раннепротерозойские – рифейские (PR–R) метаморфические комплексы Харбейского горст-антиклинория, рифейско-кембрийские (R–Є) комплексы Малокарского горст-антиклинория и палеозойские (O–C) отложения Талота-Пайпудынского грабен-синклинория, принадлежащие Полярно-Уральскому мегантиклинорию Центрально-Уральского поднятия (Центрально-Уральского инженерно-геологического региона); базит-гипербазитовые комплексы северного окончания Тагильско-Магнитогорского прогиба (Главного Уральского региона).

Карелиды нижнего структурного этажа Харбейского горст-антиклинория представлены мигмагит-гранитной, алеврит-глинисто-песчаной, metabазальтовой формациями. Байкалиды среднего структурного этажа сложены формациями натровых базальтов – риолитов, глинисто-песчано-алевролитовой, базальт-андезит-дацитовой и базальт-риолитовой. Уралиды верхнего этажа представлены трахибазальтовой, натровых базальтов – риолитов, песчано-глинисто-углеродистой, алеврит-песчаной, известняково-песчано-алевролитовой формациями.

Для рассматриваемой площади характерно широкое развитие интрузивных образований различного состава, возраста и происхождения: габбро, габбро-амфиболитов, кварцевых диоритов, тоналитов, риолит-порфиров, дунитов, гарцбургитов, габбро-долеритов, кварцевых монцититов, монцитиоритов, гнейсо-гранитов и др.

Мезозойские образования представлены T–J корой выветривания и угленосной молассой, выполняющей наложенную депрессию. Комплексы горных пород коренной основы на значительной площади перекрыты покровными отложениями четвертичного возраста различного состава и происхождения.

Флювиогляциальные и моренные ледниковые отложения представлены галечно-гравийным материалом с супесчаным заполнителем, слагают переуглубленные участки палеодолин при мощности до 108 м. Озерно-аллювиальные отложения представлены алевритами с прослоями глин и тонкозернистого песка, мощность до 55 м. Элювиальные, элювиально-делювиальные отложения распространены на вершинах гор, хребтов и холмов и представлены щебнисто-глыбовыми развалами с неокатанными обломками различной выветрелости, местами с суглинисто-супесчаным заполнителем. Мощность до 5 м. Коллювиальные отложения формируются в зоне кряжа в виде щебнисто-глыбовых осыпей на крутых склонах гор, троговых долин, в карах и цирках. Мощность до 35 м. Делювиальные, делювиально-солифлюкционные и десерпционные отложения перекрывают пологие склоны подножий гор в зоне кряжа и склоны холмов в зоне предгорий. Их формирование во многом связано с деятельностью сезонно-талого и сезонно-мерзлого слоя. Представлены полимиктовыми валунами, щебнем и дресвой, суглинками и супесями. Мощность до 14 м. Аллювий русла, поймы и дельт развит практически во всех долинах рек и ручьев. Песчано-галечные отложения с валунами в горных долинах слагают русла, низкую и высокую поймы. В зоне педимента и аккумулятивной равнины в аллювии увеличивается количество песчаной и глинистой фракций. Мощность аллювия в зоне кряжа до 4 м, в Зауральской СФЗ до 5–15 м. Аллювий дельтовых конусов выноса в ус-

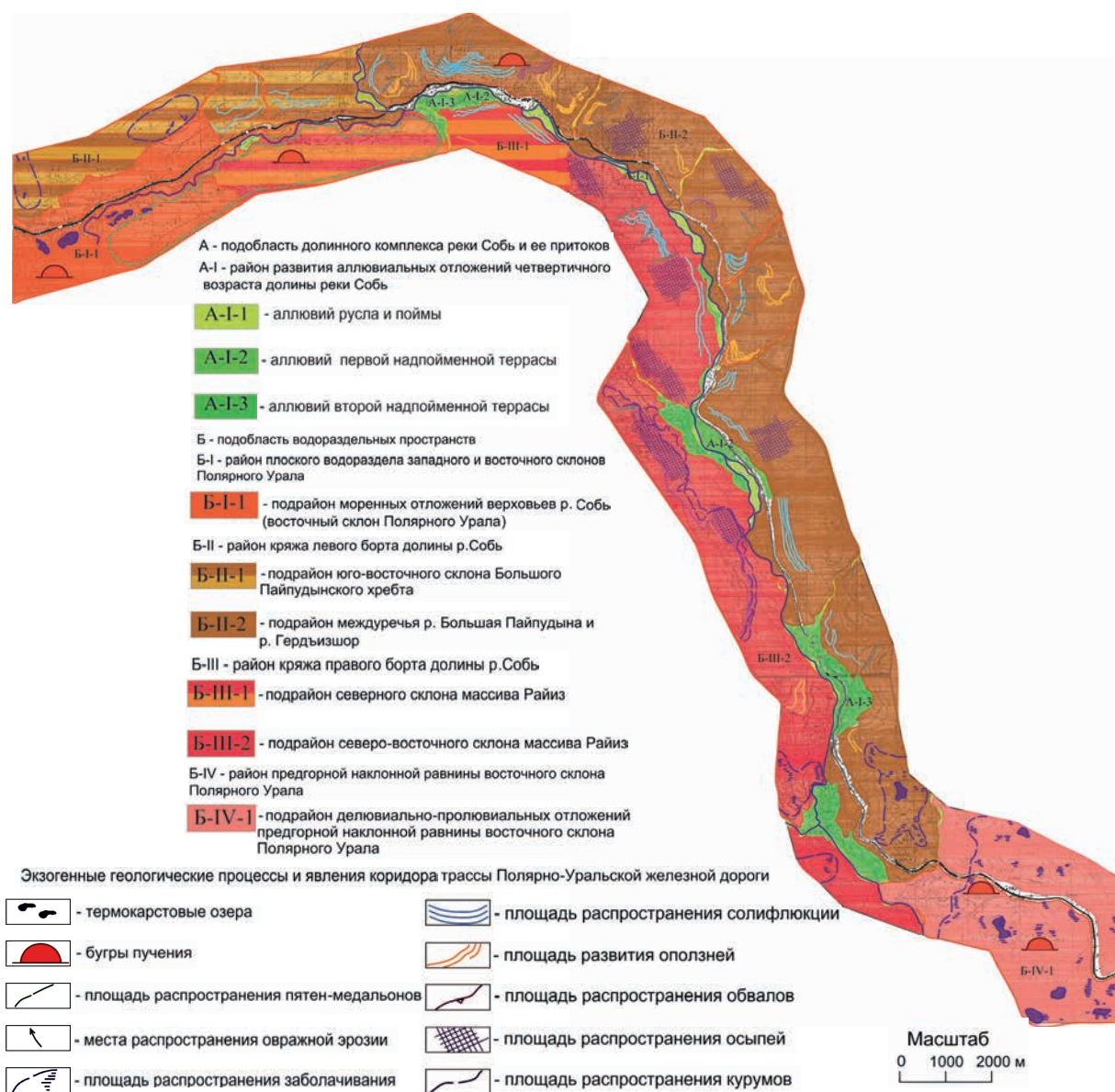


Рисунок 1. Инженерно-геологическое районирование коридора трассы Полярно-Уральской железной дороги (восточный склон).

тнях ручьев (долины рек Большая и Малая Пайпудина, Большой Ханмей, Сось) сложен несортированным песчано-гравийно-галечным материалом с валунами и незначительным количеством суглинка. Мощность от 2 до 15 м. Озерно-биогенные отложения представлены суглинками, глинами, торфом, слагают берега рек, озер и заболоченные низины в зонах педимента и аккумулятивной равнины, локально развиты в зоне края. Мощность не превышает 4 м.

Опасные геологические процессы и явления в коридоре трассы Полярно-Уральской железной дороги обусловлены природными и техногенными факторами. К группе природных относятся: климатические, геоморфологические, геологические и тектонические, гидрографические, состав и свойства горных пород. Техногенные факторы связаны с освоением территории и рассмотрены в соответствующем разделе. Основные типы опасных процессов и связанные с ними явления отражены в табл. 1, а их пространственное распространение на рис. 1.

Выветривание (физическое, морозное) охватывает всю площадь, вызывает дезинтеграцию горных пород. На водоразделах, склонах гор формируются крупноглыбовые развалы коренных пород – курумы (каменные поля, потоки). Размеры глыб от 0,1 × 0,3 м до 0,6 × 0,8 м и крупнее.

Криогенные процессы характеризуются широким разнообразием явлений, свойственных всем ландшафтным зонам [5].

Морозобойное полигональное растрескивание распространено в ландшафтах предгорий как на высотах 200–300 м (долина Большой Пайпудины), так и на отметках 700–800 м (район массива Райиз). Морфологически оно представлено многоугольниками с поперечниками от 2–3 м до 25–50 м. На участках распространения сланцев формируется причуд-

ливый рельеф из вертикальных плашек со своеобразной «щетиной» поверхностью.

Морозное пучение в пределах коридора трассы развито достаточно широко с образованием сезонных и многолетних бугров пучения. Сезонные минеральные и торфяные бугры пучения развиваются в слое промерзания–оттаивания в осенне-зимний период. Их диаметры варьируют от 30 до 40 м при высоте 3–7 м. Многолетние бугры подразделяются на миграционные и гидроакколиты. Они сконцентрированы вдоль железнодорожной трассы в долине р. Сось, а также в бассейнах рек Большая и Малая Пайпудина и их притоков. Форма округлая, высота от 2–3 до 18 м при диаметре от 5–8 до 25–30 м и крутизне склонов 5–20°.

Пятнообразование. В результате многолетних процессов пучения и наложения морозобойного растрескивания в пределах коридора трассы, межгорных депрессий и плоских равнин формируются своеобразные формы в виде пятен – медальонов, каменных колец, полос и многоугольников при диаметре 0,5–3 м.

Наледи – слой замерзшей или замерзающей воды на поверхности речного льда (речная наледь) или грунта (грунтовая наледь). Широко распространены в долине Большой Пайпудины. Их площадь изменяется от десятков до сотен квадратных метров при мощности 0,1–1 м. В межгорных долинах притоков рек Сось, Большая и Малая Пайпудина, Хаймей, Харбей распространены наледи, связанные с разгрузкой подземных вод. Их площадь достигает 1 км².

Снежники распространены в горах повсеместно. Их образование и существование зависит от рельефа, абсолютных отметок, температуры воздуха, количества осадков и затенения поверхности. Снежники-пере-

Таблица 2. Инженерно-геологическая характеристика подобласти долинного комплекса р. Сось и ее притоков.

Инженерно-геологическая подобласть	Условный знак	А		
	Описание подобласти	Подобласть долинного комплекса р. Сось и ее притоков. Включает в себя эрозионно-аккумулятивные пойменную, первую и вторую надпойменные террасы, сложенные аллювиальными образованиями		
Инженерно-геологический район	Условный знак	А-1		
	Описание района	Район развития аллювиальных отложений четвертичного возраста		
Инженерно-геологические подрайоны	Условный знак	А-1-1	А-1-2	А-1-3
	Описание подрайонов	Аллювиальные отложения русла и поймы. Валунно-галечные, песчано-галечные отложения, пески, глины (5–15 м)	Аллювиальные отложения первой надпойменной террасы. Отложения представлены глинами, песками, гравием, галечниками и валунами (до 15–30 м)	Аллювиальные отложения второй надпойменной террасы. Глина, пески, супеси, галечники (до 28 м)
	Физико-геологические процессы и явления	Эрозионные: донная эрозия; криогенные: наледи	Эрозионные: береговая эрозия; криогенные: полигональное растрескивание	
	Мерзлотные условия	Подрусловые талики рек Сось и Большая Пайпудына	ММП однослойного строения. Кровля залегает с поверхности или опущена на глубину 2–3 м. Слой СО в песчаных породах 1,2–2 м, в глинах и суглинках 0,5–1,2 м	
	Гидрогеологические условия	Подземные воды подрусловых таликов	Надмерзлотные воды слоя СО, внутримерзлотные подземные воды	

летки сохраняются в течение теплого сезона в глубоко врезанных долинах, навальных нишах, карах и цирках. Протяженность снежников достигает 200–400 м при мощности 0,5–1,5 м.

Термокарст – один из наиболее распространенных криогенных процессов коридора трассы железной дороги. Многочисленные термокарстовые воронки и озера сконцентрированы в приводораздельной западной части коридора на площади развития моренных отложений верховьев р. Сось и на юго-востоке при выходе долины в предгорную наклонную равнину восточного склона Полярного Урала. Размеры термокарстовых озер варьируют от десятков до нескольких сотен метров и составляют 1 км по протяженности. Диаметр воронок изменяется от первых метров до 150 м при глубине 0,3–1,8 м, достигающей нескольких метров.

Гравитационные процессы представлены осыпями, обвалами, оползнями и солифлюкцией [5].

Осыпи и обвалы распространены в зоне кряжа на участках тектонически нарушенных горных пород, зон контактов, переслаивающихся пород и сланцев, обладающих различными структурными и литолого-петрографическими особенностями. На Пайпудыньском хребте, массив Райиз, установлено, что основная масса обломочного материала скальных пород поступает в конусы выноса поздней весной и ранней осенью в период перехода температуры через 0 °С. Размеры и форма обломков зависят от литолого-петрографических особенностей пород и составляет от 10–20 см в осыпях до 3 м в обвалах. Площади осыпей – от нескольких десятков до нескольких тысяч квадратных метров.

Оползни. На горных склонах кряжа основная роль принадлежит оползням – оплывинам. Ведущую роль в их образовании играет увлажнение склонов за счет таяния снега. Распространены на склонах с многолетнемерзлыми породами. Возникновение оползней-оплывин связано с протавиванием и оплыванием грунтов. Длина оползней от десятков-сотен метров до 1 км, глубина от 0,2 до 1,5 м.

Солифлюкция в условиях кряжа является одним из основных процессов перемещения рыхлообломочного материала на склонах с относительно небольшими уклонами. Активно процессы развиваются на склонах с крутизной 5–25° в виде протяженных солифлюкционных валов и гряд шириной 2–5 м. У подножия склонов в долинах формируются террасы высотой до 3 м. Заполнитель отложений – суглинисто-щебнистый материал.

Флювиобалансовые процессы охватывают группы эрозионных, абразионных и флювиальных процессов. К **эрозионным** относятся речная, овражная эрозия, конуса выноса, сели.

Речная эрозия в основном проявляется в донной эрозии. Все реки кряжа и предгорной равнины – типичные горные с порожистыми руслами, невыработанным продольным профилем равновесия. Береговая эрозия проявлена редкими участками развития пойменной, первой и второй надпойменных террас р. Сось и ее отдельных притоков.

Овражная эрозия представлена относительно редкими оврагами неполного профиля равновесия на горных склонах кряжа.

Наиболее распространенными из серии эрозионных процессов на рассматриваемой территории являются конусы выноса и сели.

Конусы выноса представляют собой пролювиальные отложения, образуются при выносе потоками дождевых и талых вод по логам и оврагам продуктов выветривания к основанию склонов. Характеризуются

плохой отсортированностью и слабой окатанностью обломков. От вершины конусов к подножию гранулометрический состав обломков меняется от щебня, дресвы с песчано-глинистым заполнителем до супесей и суглинков.

Сели. Основные предпосылки для проявления селей созданы климатическими и геологическими условиями площади. Мощные зоны дробления, процессы морозного выветривания, ледниковые отложения способствуют формированию селей. Территория коридора трассы принадлежит к районам II, отчасти I категории селеопасности.

Флювиальные процессы проявлены в заболачивании территории вследствие избыточного увлажнения дождевыми и тальными водами. Распространены арктические минеральные и торфо-минеральные верховые, низинные и переходные болота и мочажины на всех типах рельефа.

Техногенные факторы связаны с функционированием в коридоре трассы Полярно-Уральской железной дороги горнодобывающего, транспортного и селитебного комплексов. Основные виды воздействия на компоненты природной среды выражаются в геодинамическом воздействии, механических нарушениях компонентов среды, химическом загрязнении почв, грунтов, донных отложений, поверхностных и подземных вод. Ударно-взрывное, вибрационное воздействие на массивы горных пород приводит к перераспределению напряженно-деформационного состояния массивов, проявлению субтерральных, активизации гравитационных процессов. Механические нарушения обусловлены перепланировкой местности, перемещением горных пород, полезных ископаемых, созданием отвалов, насыпей, выемок и др. Загрязнение выражается повышенными концентрациями химических элементов и их соединений.

Горнодобывающий комплекс представлен предприятиями по разработке месторождений хромитов (Центральное), бутового камня (Подгорненское), а в будущем, возможно, и баритов (Войшорское, Собское, Поур-Кей).

Хромитовые месторождения массива Райиз являются практически основной сырьевой базой хрома в российской части Урала. Месторождение Центральное разрабатывается карьером, подготовлена разработка подземным способом системой штольневых горизонтов. Западное месторождение является резервным.

Разработка Подгорненского месторождения диоритов осуществляется открытым способом и по типу и силе воздействия на окружающую среду сопоставимо с месторождением Центральным.

Месторождения барита расположены на расстоянии 1,5–3,0 км от пос. Полярный (станция «110 км» железной дороги на участке Сейда–Лабитнанги). По результатам геологоразведочных работ предварительные запасы баритовых руд оцениваются в 7,2 млн т при среднем содержании барита 27,5–41,2 %. Месторождения отнесены к категории резервных.

Помимо охарактеризованных источников сырья территория является перспективной для разработки месторождений драгоценных, полуделочных и облицовочных камней (рубина, жадеита, нефрита, пестроцветных яшм, фельзитов и мраморов).

Транспортный комплекс представлен трассой Полярно-Уральской железной дороги (Сейда–Лабитнанги), автомобильными дорогами. Железнодорожная магистраль, пересекая Полярный Урал с запада на восток и юго-восток, является главной транспортной артерией северо-западной части Ямало-Ненецкого автономного округа, по которой осуществляется

Таблица 3. Инженерно-геологическая характеристика подобласти современных водораздельных пространств.

Инженерно-геологическая подобласть	Условный знак	Б					
	Описание подобласти	Подобласть современных водораздельных пространств включает в себя плоский водораздел западного и восточного склонов Полярного Урала, кряжи левого и правого бортов долины р. Сось и предгорную наклонную равнину восточного склона Полярного Урала					
	Условный знак	Б-I	Б-II		Б-III		Б-IV
Инженерно-геологические районы	Описание районов	Район плоского водораздела западного и восточного склонов Полярного Урала	Район кряжа левого борта долины р. Сось		Район кряжа правого борта долины р. Сось		Район предгорной наклонной равнины восточного склона Полярного Урала
Инженерно-геологические подрайоны	Условный знак	Б-I-I	Б-II-I	Б-II-2	Б-III-I	Б-III-2	Б-IV-I
	Описание подрайонов	Подрайон моренных отложений верховьев р. Сось (восточный склон Полярного Урала). Ледниковые несортированные дресвяно-галечно-щебенистые отложения с валунами, с примесью суглинка и супеси (до 26 м)	Подрайон юго-восточного склона Большого Пайпудынского хребта. Элювиально-делювиальные глыбы, щебень, дресва, суглинки	Подрайон междуречья р. Большая Пайпудына и р. Гердьизгор. Коллювиальные щебень, дресва, суглинки, супесь	Подрайон северного склона массива Райиз. Элювиально-делювиальные глыбы, щебень, дресва	Подрайон северо-восточного склона массива Райиз. Коллювиальные глыбы, щебень	Подрайон делювиально-пролювиальных отложений предгорной наклонной равнины восточного склона Полярного Урала. Суглинки, дресва, щебень (до 14 м)
	Физико-геологические процессы и явления	Криогенные: бугры пучения, пятнамедальоны, термокарстовые озера; флювиальные: заболачивание	Выветривание: курумы; криогенные: бугры пучения, термокарст; гравитационные: обвалы, осыпи, солифлюкция; эрозийные: овраги; флювиальные: заболачивание		Выветривание: курумы; криогенные: бугры пучения, пятнамедальоны, термокарст; эрозийные: овраги; гравитационные: обвалы, оползни, осыпи, солифлюкция; флювиальные: заболачивание		Криогенные: бугры пучения, термокарст; флювиальные: заболачивание
	Мерзлотные условия	ММП однослойного строения с островами талых пород. Глубина слоя СО на торфях 0,4–0,6 м, в моренных отложениях до 2–3 м	ММП однослойного строения с островами талых пород. Глубина слоя СО 2,5–4,0 м, на торфяниках 0,4–0,6 м		ММП однослойного строения. Глубина СО 2–3 м, на торфяниках 0,4–0,6 м		ММП однослойного строения с островами талых пород. Глубина слоя СО 3–5 м, на торфяниках 0,5–0,6 м
	Гидрогеологические условия	Надмерзлотные воды слоя СО	Надмерзлотные воды слоя СО				Надмерзлотные воды слоя СО. Внутримерзлотные воды. Подземные воды щелевых таликов в разломах

перевозка грузов и пассажиров. Движение осуществляется тепловозами на дизельном топливе.

Автомобильная дорожная сеть развита слабо и включает единственную асфальтобетонную трассу Харп–Лабитнанги, грунтовую дорогу с щебеночным покрытием месторождение Центральное–Харп, грунтовые дороги пос. Полярный – Харбей, Мраморское. Остальные дороги тракторные.

Сооружение железной дороги и автодорог, проходящих по различным формам рельефа (водоразделам, склонам, долинам), сопровождается возведением насыпей, дамб, прокладкой выемок, траншей, дренажных канав и водосточков, возведением мостовых переходов. Это приводит к нарушению естественных условий, в частности поверхностного стока, его перехвату, концентрированию и пр. Эрозийные (термоэрозийные), гравитационные процессы активизируются вдоль трассы железной дороги. Насыпи характеризуются многолетним промерзанием и аградацией многолетнемерзлых пород.

Селитяный комплекс. Населенные пункты коридора трассы располагаются в долинах рек Сось, Большая Пайпудына. К ним относятся поселок городского типа Харп с населением около 5 тыс. человек, пос. Полярный (база Полярно-Уральской геологоразведочной экспедиции) с населением около 500 человек. Остальные населенные пункты – станционные поселки с общим населением не более 100 человек. Селитяные территории населенных пунктов представляют собой административно-хозяйственные и жилые застройки преимущественно с 1–2-этажными строениями. Теплоснабжение местное, котельные работают на угле и дизельном топливе. Энергоснабжение территории централизованное. Водоснабжение через водозаборные сооружения. Канализация децентрализованная через систему септиков. Свалки ТБО и ПО организованы

без соответствующей подготовки основания. Строительство поселков привело к трансформации естественного рельефа, возникновению антропогенных форм мезо- и микрорельефа.

Типизация инженерно-геологических условий коридора трассы Полярно-Уральской железной дороги (восточный склон). В основу типизации инженерно-геологических условий рассматриваемой площади положены принципы, разработанные И. В. Поповым и В. Т. Трофимовым [1, 2], которые позволяют в пределах крупной территории учесть закономерности распределения региональных и зональных факторов. Такой подход позволяет обособить различные по величине, характеру рельефа, геологическому строению, мерзлотным и гидрогеологическим условиям, а в их совокупности по инженерно-геологическим условиям площади. В пределах крупных территорий по геоморфологическим признакам выделяются инженерно-геологические области и подобласти. По однородности геоморфологических и геолого-литологических комплексов подобласти подразделяются на инженерно-геологические районы. Литологические особенности пород и их свойства, характер развития физико-геологических процессов и связанных с ними явлений, многолетнемерзлых пород, гидрогеологические особенности служат основой выделения подрайонов.

Описываемая территория относится к восточному склону горной части Полярного Урала, к области долины р. Сось. В ее пределах выделены инженерно-геологические подобласти (рис. 1): А – подобласть долинного комплекса реки Сось и ее притоков с инженерно-геологическими районом и подрайонами (табл. 2); Б – подобласть современных водораздельных пространств с инженерно-геологическими районами и подрайонами (табл. 3). Техногенная нагрузка, привязанная к трассе железной

дороги, не позволяет обособить автономную подобласть техногенного воздействия.

Проведенная типизация инженерно-геологических условий коридора трассы Полярно-Уральской железной дороги свидетельствует о достаточно сложной обстановке ее строительства и эксплуатации в природных условиях Полярного Урала. Территория трассы подвержена техногенному воздействию, влияющему на активизацию экзогенных геологических процессов, что влечет за собой трансформацию инженерно-геологических условий. Для обеспечения безаварийной работы трассы необходима организация постоянного комплексного инженерно-геологического мониторинга с разработкой природоохранных мероприятий. Надежность Полярно-Уральской железной дороги приобретет особое значение после завершения строительства и начала эксплуатации железной дороги Сось-Бованенково и в особенности железнодорожной трассы Лабитнанги–Салехард–Надым–Новый Уренгой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов И. В. Инженерная геология СССР. Т. 1. Общие основы региональной инженерной геологии. М.: Изд-во МГУ, 1961. 178 с.
2. Трофимов В. Т. Закономерности инженерно-геологических условий континентов Земли. М.: Изд-во МГУ, 2002. 348 с.
3. Грязнов О. Н. Факторы инженерно-геологических условий Урала. Физико-географические и техногенные факторы // Изв. УГГУ. 2014. Вып. 4(36). С. 5–18.
4. Грязнов О. Н. Факторы инженерно-геологических условий Урала. Региональные геологические факторы // Изв. УГГУ. Вып. 3(35). 2014. С. 30–50.
5. Петрова И. Г. Оценка экологического состояния геологической среды Сос-

ско-Райизской площади Полярного Урала на ранней стадии урбанизации: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Екатеринбург: УГГУ, 2004. 17 с.

REFERENCES

1. Popov I. V. 1961, *Inzhenernaya geologiya SSSR. T. 1. Obshnye osnovy regionalnoi inzhenernoi geologii* [Engineering geology of USSR. General frameworks of regional geologic engineering]. Moscow, 178 p.
2. Trofimov V. T. 2002, *Zakonomernosti inzhenerno-geologicheskikh usloviy kontinentov zemli* [Governing laws of geological engineering conditions of Earth's continents]. Moscow, Moscow State University, 348 p.
3. Gryaznov O. N., 2014. *Faktory inzhenerno-geologicheskikh usloviy Urala. Fiziko-geograficheskiye i tekhnogennyye faktory* [Factors of geological engineering conditions of Ural. Physical-geographical and technogenic factors]. *Izvestiya Uralskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta* [News of the Ural State Mining University]. Issue 4(36). pp. 5–18.
4. Gryaznov O. N., 2014. *Faktory inzhenerno-geologicheskikh usloviy Urala. Regionalnye geologicheskkiye faktory* [Factors of geological engineering conditions of Ural. Regional geological factors]. *Izvestiya Uralskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta* [News of the Ural State Mining University]. Issue 3(35). pp. 30–50.
5. Petrova I. G., 2004. *Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya geologicheskoi sredy Sobsko-Raiskoi ploshadi Polyarnogo Urala na rannei stadii urbanizatsii: avtoreferat dissertatsii kandidata geologo-mineralogicheskikh nauk* [Evaluation of ecological conditions of geological environment of Sobsko-Rai-Izskoi area of Polar Ural at an early stage of urbanization: The synopsis of dissertation of candidate of geological and mineralogical sciences]. Ekaterinburg, Ural State Mining University. 17 p.

Олег Николаевич Грязнов,
Gryaznov.O@ursmu.ru
Мария Сергеевна Мартыненко,
Ирина Геннадьевна Петрова,
Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Oleg Nikolaevich Gryaznov,
Gryaznov.O@ursmu.ru
Mariya Sergeevna Martynenko,
Irina Gennad'evna Petrova,
Ural State Mining University
Ekaterinburg, Russia