



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра гидрометрии

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(дипломный проект)

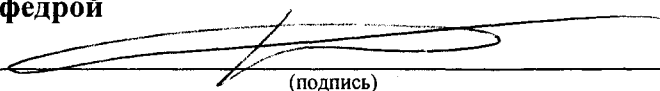
На тему Особенности русловых деформаций на участке  
перехода нефтегазопровода через реку Лена

Исполнитель Муромцев Сергей Владимирович  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель к.г.н, доцент  
(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой

  
(подпись)

к.г.н, доцент  
(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич  
(фамилия, имя, отчество)

«23» мая 2017г.

Санкт-Петербург  
2017

## Северные реки

7.1. Прогнозирование русловых деформаций на северных реках, протекающих на участках распространения вечномёрзлых и многолетнемёрзлых грунтов, следует выполнять на основании общей типизации русловых процессов с учетом границ распространения и глубин залегания мерзлых грунтов как в русле, так и на пойме, а также типов мерзлотных процессов и ледовых условий на участке перехода. Расчеты характеристик русловых деформаций для участков рек с сезонным промерзанием и оттаиванием грунтов, а также расчеты заносимости подводных траншей следует выполнять в соответствии с требованиями разделов 5, 6, 10 настоящих Норм.

7.2. Створ перехода трубопроводов следует располагать на участках рек, берега и поймы которых сложены крупнообломочными, гравийно-галечными или песчаными грунтами с глубоким залеганием грунтовых вод, на участках с отсутствием или слабым развитием мерзлотных процессов.

Следует по возможности избегать участков с интенсивным проявлением мерзлотных физико-геологических процессов: термокарстовых и солифлюкционных явлений, участков пучения грунтов, образования наледей и ледяных бугров, берегов, сложенных сыпучемерзлыми песчаными грунтами и подверженных морозному выветриванию.

Особое внимание следует уделять выявлению в берегах и на пойме линз подземного льда, а также наличию многолетнемёрзлых грунтов на пересекаемых трассой трубопровода островах и побочнях как участков, исключительно неблагоприятных для строительства переходов.

При выборе створов перехода - выше мест образования заторов следует учитывать возможность выхода льда на пойму и ее размыв. При расположении переходов ниже мест образования заторов следует учитывать возможность увеличения темпов развития плановых и глубинных деформаций после прорыва заторов.

7.3. Инженерные изыскания следует выполнять по расширенному заданию, в котором должны быть отражены следующие вопросы:

- распространение и залегание мерзлых грунтов на береговых участках и поймах;

- толщина оттаивающих и промерзающих грунтов;

- мерзлотные процессы: пучение, наледи, термокарст, солифлюкция, трещинообразование;

- ледовый режим.

Основные объемы дополнительных работ выполняют при геологических изысканиях.

7.4. Для определения границ залегания мерзлых грунтов следует выполнить рекогносцировочное обследование поймы в полосе перехода шириной 0,5-4,0 км. На основании рекогносцировочного обследования должен быть уточнен участок перехода и проведено детальное его обследование в полосе шириной 300-500 м. На этом участке необходимо выполнить схематическое мерзлотное картирование глубины залегания мерзлых грунтов с помощью ручного бурения либо шурфования.

7.5. Для оценки плановых деформаций русла, зависящих от характера и состояния грунтов, вдоль уреза воды или вдоль бровки руслового берега следует составлять продольные мерзлотно-геологические профили. Длина профиля принимается равной длине участка, для которого выполняется русловая съемка. Линии скважин и шурфов следует располагать у бровок пойм (на обоих берегах), на островах и побочнях. Одновременно шурфованием или бурением следует определить положение грунтовых вод. Бурение и шурфование следует вести в осенний период.

7.6. При оценке деформаций берегов, сложенных глинистыми грунтами, следует выявить участки крутых склонов, подверженные оползневым явлениям (солифлюкции), а также места пучения.

Физико-механические свойства грунтов как в мерзлом, так и в оттаявшем состоянии следует определять общеизвестными методами. Образцы из шурфов и скважин необходимо брать ненарушенной структуры.

7.7. Для количественной оценки деформаций пойм следует выполнить обследование участка перехода в осенний период перед ледоходом и в весенний период вскоре после освобождения пойм от затопления. В промежутке между указанными периодами необходимо вести наблюдения за глубиной сезонного промерзания.

Для оценки развития пойменных протоков необходимо получить сведения за период ледохода (данные о глубине и продолжительности затопления поймы).

7.8. Для учета влияния ледовых условий на деформации берегов и русла необходимо выполнить специальные изыскания на участке перехода протяженностью не менее 20 ширины русла. При этих изысканиях на плановую основу, используемую для гидроморфологического обследования участка перехода, должны быть нанесены наиболее вероятные места образования заторов льда, сужения русла, резкие повороты, перекаты, приверхи островов. Необходимо также в предледоставный период и перед вскрытием реки провести визуальное обследование побочней, осередков, поверхности приурезовой полосы пойменной террасы (шириной не менее половины ширины меженного русла), фиксируя места образования морозобойных трещин, характер почвогрунтов, следы и характер разрушения берегов и поймы ледоходом.

7.9. В зимний период, предшествующий вскрытию реки, необходимо выполнить маршрутное обследование участка с фотографированием и фиксацией на схеме всех ледовых образований (заторов, навалов льда, наледей, торосов).

7.10. Прогноз русловых деформаций составляют с учетом анализа всех факторов, перечисленных в п. 7.3, на основании совмещения русловых съемок или картографических и аэрофотосъемочных материалов за ряд лет наблюдений.  
Источник: [https://znaytovar.ru/gost/2/VSN\\_16383\\_Uchet\\_deformacij\\_rec.html](https://znaytovar.ru/gost/2/VSN_16383_Uchet_deformacij_rec.html)

---

По типу руслового процесса р. Лена в районе изысканий относится к типу ограниченного меандрирования. Прогнозируемая отметка размыва дна, согласно ВСН163-83, получена путем суммирования многолетних и сезонных деформаций дна. Учитывая техногенное воздействие в период строительства и эксплуатации газопровода, исключить возможность развития процессов солифлюкции в створах перехода нельзя. Результаты расчетов берегового размыва приведены в главе 1.12. Профили предельного размыва русла р. Лена в створах переходов представлены на топографических профилях.

---

Наличие вечной мерзлоты существенным образом сказывается на режиме вод обширной территории Центральной и Восточной Сибири, а также Дальнего Востока. Это прежде всего проявляется в исключительно слабом грунтовом питании рек, расположенных в зоне вечной мерзлоты, так как надмерзлотные воды (в деятельном слое и в таликах) здесь весьма маломощны и быстро перемерзают с наступлением морозов или истощаются, а выходы подмерзлотных вод сравнительно редки. Отсюда одной из характернейших черт режима является исключительное маловодье рек зоны вечной мерзлоты в зимний период, вплоть до полного перемерзания и прекращения стока, что наблюдается даже на больших реках. Второй характерной чертой режима рек зоны вечной мерзлоты является сравнительно слабое развитие эрозионных

процессов, так как скованные мерзлотой грунты трудно поддаются размыву и препятствуют глубинной эрозии. В силу этого преобладает боковая эрозия. Термический и ледовый режим рек в условиях вечной мерзлоты также отличается рядом особенностей. На термическом режиме рек существенно сказывается теплообмен с ложем; для ледового режима рек характерны перемерзание, интенсивное образование наледей и другие явления, связанные с наличием вечной мерзлоты. Подробнее об этом будет рассказано в главе, посвященной гидрографии Восточной Сибири, где все эти явления наиболее ярко выражены.

---

В условиях сурового климата Восточной Сибири, с его продолжительной малоснежной и холодной зимой, характерной особенностью района является повсеместное распространение вечной мерзлоты. Мощность вечномерзлотного слоя в северных и центральных районах достигает 200-500 м и более. В южных частях района (Забайкалье, бассейн верхнего Енисея) мощность вечной мерзлоты уменьшается, появляются более или менее значительные участки, лишенные мерзлоты (талики).

Наличие вечной мерзлоты создает сложные гидрогеологические условия. Запасы грунтовых вод на большей части территории Восточной Сибири очень бедны; грунтовые воды представлены преимущественно верховодкой, не участвующей в питании рек. Выходы подмерзлотных вод сравнительно редки и приурочены к областям молодых разломов земной коры и карстовым областям (верховья Алдана).

В ряде мест (Лено-Виллюйская низменность, низменности устьевых участков рр. Колымы и Индигирки и т. д.) встречаются на небольшой глубине от поверхности погребенные льды, занимающие значительные площади; мощность их иногда достигает 5-10 м и более.

Суровый климат и вечная мерзлота определяют своеобразие режима вод территории Восточной Сибири. При полной непроницаемости мерзлых грунтов, малых потерях на фильтрацию и испарение поверхностный сток здесь сравнительно высок, несмотря на малое количество атмосферных осадков. Вечная мерзлота является причиной слабого питания рек грунтовыми водами и широкого распространения явления перемерзания, а также образования наледей. В условиях вечной мерзлоты своеобразно развиваются и эрозионные процессы. Скованные мерзлотой грунты трудно поддаются размыву, поэтому и глубинная эрозия развивается слабо. Преобладает боковая эрозия, ведущая к расширению долин.

Исследования, произведенные в последние годы, показали, что на территории Восточной Сибири значительное распространение имеет современное оледенение. Оно встречается в наиболее возвышенных частях хребтов Верхоянского и Черского - в верховьях бассейнов Яны и Индигирки. Площадь

оледенения достигает 600-700 км<sup>2</sup>, что примерно равно площади современного оледенения Алтая. Размеры ледников небольшие. Самый большой ледник Саунтарской группы (на водоразделе Индигирки и Охоты) имеет длину до 10 км.

Введение, кусок всн 7ч,

1глава

2глава

3глава: РД, мерзлота, всн, сп

заклучение

Река Лена достаточно хорошо изучена, на ней находится ряд действующих постов РосГидромета. Ближайшие пункты наблюдений: в пос. Кочегарово (с. Дельгей), расположенный ниже по течению проектируемого створа перехода газопровода и в с. Мача – выше по течению. Ближайшая метеорологическая станция расположена в г. Олекминске. Все перечисленные пункты наблюдений находятся в ведении Якутского УГМС. Ближайшими к району изысканий являются водомерные посты в с. Мача и пос. Кочегарово. В качестве репрезентативного в/п принят водпост в с. Мача и г. Олекминск.

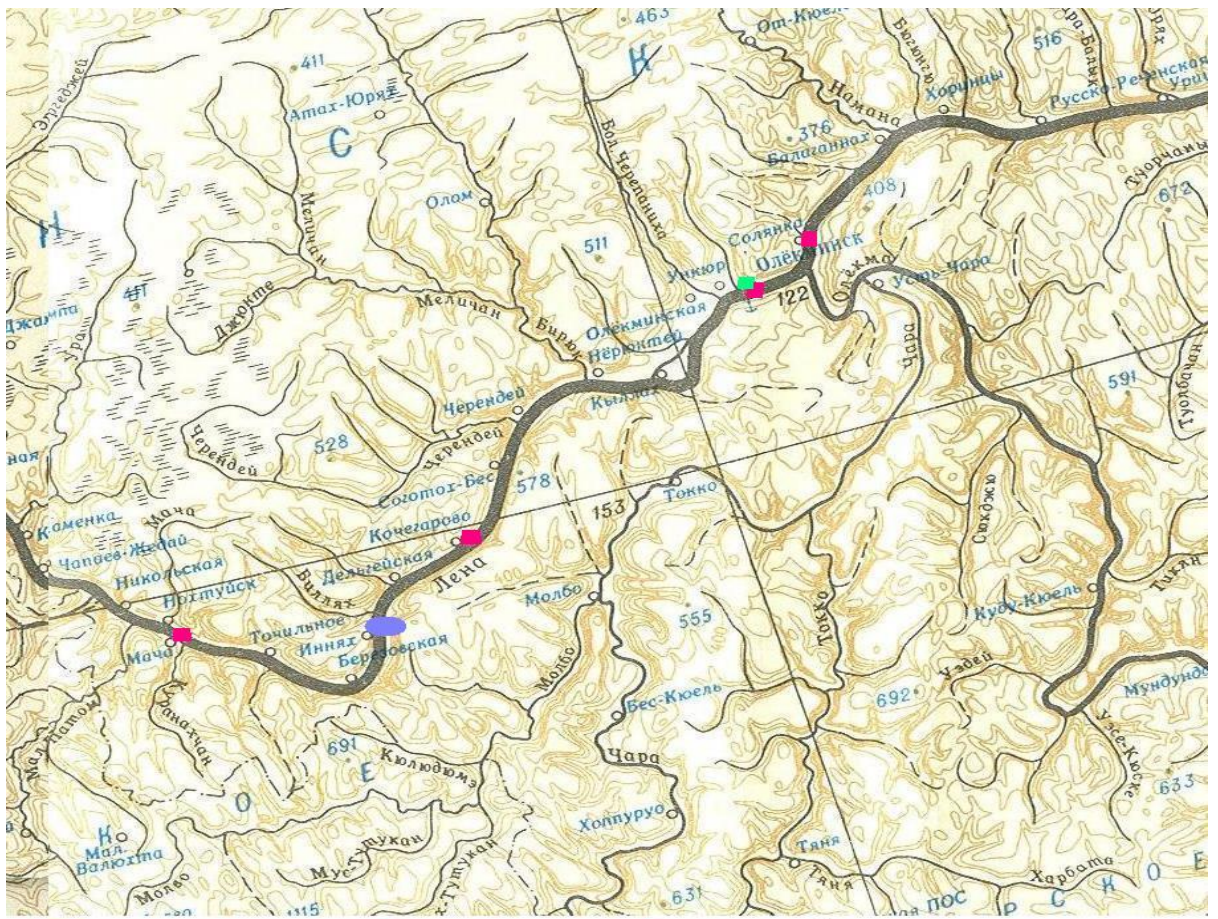
Водпост Мача расположен на правом берегу р. Лена в 2313 км от устья. Площадь водосбора составляет 53800 км<sup>2</sup>. Водомерный пост впервые был открыт в 1920 г и с 1927 г наблюдения не прерывались.

Характеристики водомерных постов приведены в таблице 1.2.1, схема гидрометеорологической изученности представлена на рис. 1.2.1.

Таблица 1.2.1

**Гидрологическая изученность района работ**

Название реки	Название поста	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Отметка «0» гр. поста	Период действия	
					открыт	закрит
р. Лена	с. Мача	2313	538000	138,90 м БС	10.05.1927	действует
р. Лена	п. Кочегарово	2231	542000	129,93 м БС	1959	1996
р. Лена	г. Олекминск	2103	560000	123,06 м БС	13.04.1889	действует



■ - район изысканий    ■ - метеостанция    ■ - водомерный пост



## **1.1. Климатическая характеристика**

Согласно климатическому районированию для строительства исследуемый район расположен в районе 1А и характеризуется как наиболее суровый по условиям строительства зданий и сооружений.

Отличительной особенностью Якутии является больший по сравнению с Европейской территорией и Западной Сибирью поток тепла, идущий на нагрев воздуха. Этот поток составляет 30-40 % радиационного баланса.

На формирование климата Якутии большое влияние оказывает ее положение на северо-востоке Евразийского континента и особенности рельефа.

Климатические условия на большей части Якутии определяются условиями циркуляции атмосферы, что проявляется во взаимодействии Азиатского антициклона (максимума) в холодное время года и Азиатской депрессии - в теплое. Продолжительность холодного периода со среднесуточной температурой воздуха ниже 0 градусов Цельсия в районе изысканий составляет 207 дней, что совпадает с длительностью расположения над Азией обширной области повышенного давления.

Другими факторами формирования климата рассматриваемой территории являются: зимнее охлаждение материка, пополнение антициклонов, сходимостъ двух высотных фронтальных зон, динамические условия на высотах, задерживающее влияние орографии.

На формирование термического режима Якутии оказывает также влияние происхождение проходящих по территории антициклонов. В годы, когда антициклоны приходят с запада и северо-запада, наблюдаются

аномально теплые зимы и, наоборот, если антициклоны северного и северо-восточного происхождения – зимы холоднее обычного. Ослабление азиатского антициклона возможно даже в середине холодного периода в процессе западного переноса и «ныряния циклонов», повторяемость которых увеличилась в последние годы. В процессе циклонической деятельности происходит смена воздушных масс, выпадение осадков, образование снежного покрова.

В условиях преобладания антициклонической погоды небольшая высота снежного покрова, низкая температура воздуха способствуют интенсивному радиационному выхолаживанию и сохранению многолетней мерзлоты на большей части территории.

Летом, с июля по август, наибольшее количество осадков приходит с запада и юго-запада. В первую половину теплого периода их траектории проходят через север Прибайкалья или огибают Байкал с юга. Во вторую половину теплого периода циклоны преимущественно перемещаются с северо-запада и через Байкал уходят на северо-восток Китая. В тылу этих циклонов возможно наступление арктического воздуха, вызывающего резкое похолодание.

В сравнительно редких случаях могут поступать циклоны с юга, воздушные массы в них обладают большим влагосодержанием. Длительность дождливых периодов тогда может достигать 7 дней.

Большие колебания температуры связаны с Южным циклоном, приходящим в Забайкалье из Монголии. Южные циклоны обычно проявляют себя во вторую половину лета, в это время они дают почти 20% осадков летнего периода, хотя их повторяемость сравнительно невелика.

В летний период в формировании погоды большое значение имеет трансформация воздушных масс. Процесс трансформации, обусловленный циркуляционными условиями, равномерным распределением составляющих радиационного и теплового баланса, вызывает сглаживание межширотных термических контрастов и ослабление воздухообмена. Над территорией

Якутии господствуют континентальные воздушные массы. Именно процессами трансформации определяется относительно высокая средняя месячная температура воздуха в июне и июле.

Наиболее низкие температуры воздуха наблюдаются в январе.

В холодное время года, особенно с декабря по февраль, на большей части территории преобладают слабые ветры и штили, которые обуславливают слабое перемешивание воздуха, а, следовательно, слабый вертикальный теплообмен. Поэтому здесь возникают мощные приземные инверсии (повышение температуры воздуха с высотой), которые усиливаются в горных районах. В отдельные дни зимнего сезона температуры могут достигать минус 59°C.

В теплый период года отличительной чертой температурного режима является быстрое нарастание средних суточных температур весной и быстрое их падение осенью. Самый теплый месяц года – июль.

Среднегодовая температура воздуха минус 6,1°C, среднемесячная температура воздуха наиболее холодного месяца января – минус 31.6°C, а самого жаркого июля +18.2°. Абсолютный минимум температуры приходится на январь – минус 59°C, абсолютный максимум на август +38°C. Температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0.98% – минус 52 °С, обеспеченностью 0.92% – минус 50 °С, наиболее холодных суток обеспеченностью 0.98% – минус 55 °С, обеспеченностью 0.92% – минус 52 °С.

Продолжительность теплого периода составляет 158 дней, холодного – 207.

Вследствие континентальности климата, годовая амплитуда максимальных и минимальных температур очень велика (97°C).

Средняя продолжительность периода промерзания почвы в районе изысканий составляет 218 дней.

Более подробная характеристика температурного режима почвы и воздуха приведена в таблицах.

Количество осадков за ноябрь – март 69 мм (приведено согласно данных Якутского УГМС, уточненных за последний годы). Количество осадков за апрель – октябрь равно 230 мм (приведено согласно данных Якутского УГМС, уточненных за последний годы).

Соответственно держится высокая влажность воздуха. Средняя месячная относительная влажность воздуха и средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее холодного месяца равна 78%. Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее теплого месяца равна 74% (приведена согласно данным Якутского УГМС, уточненных за последний годы), средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее теплого месяца - 63 %.

Средняя многолетняя максимальная высота снежного покрова за зиму 37 см, зафиксированный максимум 57 см. На защищенных от ветра участках высота снежного покрова несколько больше, чем в поле. Эта разница составляет 5 - 12 сантиметров. Средняя плотность снега при наибольшей декадной высоте составляет 0,17 г/см<sup>3</sup> в лесу, 0,19 г/см<sup>3</sup> в поле. Среднее число дней со снежным покровом составляет 202 дня.

Одной из малоизученных характеристик снежного покрова являются снегопады, в особенности сильные снегопады. За сильный снегопад принимается прирост высоты снежного покрова в течение суток не менее 10 см. Для исследуемой территории такие снегопады явление очень редкое - один снегопад в 3 - 6 лет. Наиболее часты они в долине Лены. Здесь снегопады практически равновероятны в осенние (с сентября по ноябрь) и весенне-летние (с апреля по июль) месяцы. Максимальный прирост снежного покрова 29 см за сутки в долине Лены возможен один раз в 50 лет.

В холодный период года распределение давления способствует развитию юго-западных, западных и северо-восточных ветров, преобладающее направление ветра за декабрь – февраль юго-западное. Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь составляет 3,5 м/с. Средняя скорость ветра за период со среднесуточной температурой

воздуха  $\leq 8^{\circ}\text{C}$  равна 2,2 м/с. В теплый период года на значительной территории также преобладают северо-восточные, юго-западные и западные ветры, преобладающее направление ветра за июнь – август – северо-восточные. Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль – 0 м/с. Среднегодовая скорость ветра составляет 2,3 м/сек. Зимний сезон отличается небольшими скоростями ветра. В этот период преобладают слабые и умеренные ветры: от 0 до 5 м/сек – около 93%, со скоростью от 0 до 1 м/сек – около 59 %. В течение года в среднем бывает 5 дней со скоростью ветра 15 м/с и более, наибольшее число дней с сильным ветром в году может достигать 25. В исследуемом районе вероятно возникновение ветра со скоростью 25 м/с один раз в 20 лет.

Нормативное ветровое давление для I района, в котором расположен искомый объект, равно 0,23 кПа. Для учета изменения ветрового давления по высоте следует вводить коэффициент для открытой местности:  $\leq 5$  м – 0,75; 10 м – 1,0; 20 м – 1,25, для лесных участков:  $\leq 5$  м – 0,50; 10 м – 0,65; 20 м – 0,85. Согласно ПУЭ (2003 г.) нормативное ветровое давление в районе изысканий составляет 650 Па. Скорость ветра на высоте 10 м над поверхностью земли при нормативном давлении ветра 32 м/сек.

Район изысканий характеризуется незначительным количеством гололеда, что связано с сухостью воздуха и незначительными осадками в зимний период. С октября по апрель наблюдаются гололёдно-изморозные явления. Повторяемость их колеблется в небольших пределах. В среднем за год наблюдается 0,2 дня с гололедом, 2,1 – с изморозью. Из метеорологических явлений, наблюдаемых в рассматриваемом районе, чаще всего откладывается кристаллическая изморозь в интервале температур от минус 10 до минус 29,9 °С. Общее число случаев гололеда, зернистой изморози и мокрого снега за весь период наблюдений не превышает трех. Согласно СНиП 2.01.07.-85\* по значению гололедной нагрузки искомый объект относится ко II району. Толщина стенки гололеда, превышаемая раз в 5 лет на элементах кругового сечения диаметром 10 мм,

расположенных на высоте 10 м над поверхностью земли составляет 5 мм. Коэффициенты, учитывающие изменение толщины стенки гололеда составляют: для высоты 5 м – 0,8; 10 м – 1,0; 20 м - 1,2; для диаметра 5 мм – 1,1; 10 мм – 1,0; 20 мм – 0,9. Согласно ПУЭ (2003 г.) нормативная толщина стенки гололеда составляет 15 мм.

Среднее количество дней с туманами в году - 31, число дней с метелью – 24. В районе изысканий туманы наблюдаются часто и отличаются устойчивостью, особенно в теплый период. Максимальное число дней в году с туманами здесь достигает 53.

Барометрическое давление в теплый период года равно 980 гПа

В районе изысканий возможны следующие стихийные метеорологические явления:

1. Ветер, в том числе шквалы и смерчи – максимальная скорость 25 м/с и более;
2. Сильный дождь – количество осадков 50 мм и более за 12 часов и менее (в горных, селевых и лавиноопасных районах – 30 мм);
3. Сильный снегопад – количество осадков 200 мм и более за 12 часов и менее;
4. Сильная метель – в течение дня или ночи преобладающая скорость ветра 15 м/с и более;
5. Сильный мороз;
6. Сильная жара;
7. Сильный туман – видимость 100 м и менее;
8. Чрезвычайная пожарная опасность.

По данным Якутского УГМС район исследований не является селе- и лавиноопасным.

Основные климатические характеристики приведены в таблицах 1.3.1 – 1.3.29.

Повторяемость направления ветра представлена на рисунке 1.3.1 – 1.3.2

Таблица 1.3.1.

**Характеристика температурного режима воздуха, °С. Станция  
Олекминск.**

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Средняя	-	-27,2	-	-3,4	7	14,9	18,2	14,5	6	-	-	-	-6,1
	31,6		15,6							5,3	21,1	29,6	
Абсолютный минимум	-59	-58	-49	-35	-	-5	0	-4	-15	-30	-49	-57	-59
					16								
Абсолютный максимум	3	1	11	19	31	35	37	38	27	18	6	12	38
Ср. абсолютн. мин.	-49	-45	-37	-25	-8	0	5	1	-6	-22	-40	-48	-51
Ср. абсолют. макс.	-12	-9	3	12	24	30	33	30	22	10	-2	-9	11

Таблица 1.3.2.

**Даты наступления средних суточных температур воздуха выше и ниже  
определенных пределов и число дней с температурой, превышающей эти  
пределы,  
метеостанция Олекминск**

Характеристика	Температура, °С											
	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+5	+10	+15	+20
Переход температуры весной	-	11.II	26.II	8.III	19.III	31.III	13.IV	27.IV	11.V	28.V	16.VI	-
Переход температуры осенью	-	9.XII	23.XI	11.XI	2.XI	25.X	16.X	3.X	17.IX	4.IX	12.VIII	-
Число дней с температурой выше заданных пределов	-	300	269	247	227	207	185	158	128	98	56	-
Число дней с температурой ниже заданных пределов	-	65	96	118	138	158	180	207	237	267	309	

Таблица 1.3.4

### Годовые амплитуды температуры воздуха

Метеостанция	Амплитуды температур, °С	
	по средней месячной	по абсолютным минимуму и максимуму
Олекминск	49,8	97

Таблица 1.3.5.

### Характеристика температурного режима поверхности почвы. Станция Олекминск

t° почвы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
средняя	-34	-30	-18	-5	8	19	22	17	7	-6	-23	-32	-7

Таблица 1.3.6

### Средняя, наибольшая и наименьшая глубина проникновения температуры 0° в почву (см). По наблюдениям на глубинах 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,2; 1,6; 2,4 и 3,2. М/ст. Ленск

Глубина проникновения	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
Средняя	0	53,4	109,6	157,2	208,4	228,1	262,2	273,6	245,0	213,4	.
Наибольшая	0	82	132	171	220	238	290	300	303	280	256
Наименьшая	0	24	86	135	184	204	219	219	160	160	0

**Примечание:** нуль (0) обозначает, что температура 0° не достигает глубины самого близкого к поверхности термометра. Точка (·) обозначает, что в данном месяце более чем в 50% лет температура 0° не достигает глубины самого близкого к поверхности термометра.



Таблица 1.3.7

**Средняя температура почвы по вытяжным термометрам, °С. М/ст.  
Ленск**

Глубина, м	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
0,20	- 6,4	- 6,8	- 6,4	- 2,6	3,9	13,2	17,8	15,7	8,1	0,8	- 2,8	- 5,2	2,5
0,40	- 5,4	- 6,0	- 6,0	- 2,8	1,8	10,4	15,6	14,8	8,7	2,0	- 1,4	- 3,5	2,4
0,80	- 3,5	- 4,6	- 4,6	- 2,7	0,0	6,1	11,9	12,9	9,1	3,6	0,5	- 1,6	2,2
1,60	- 0,4	- 1,6	- 2,3	- 1,9	0,6	1,1	6,3	9,5	8,6	5,1	2,3	0,8	2,3
3,20	1,5	1,0	0,6	0,2	0,1	0,3	1,5	4,1	5,7	5,1	3,6	2,3	2,2

Таблица 1.3.8

**Характеристика режима влажности воздуха. Станция Олекминск.**

Влажность	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Абсолютная влажность воздуха, гПа	0,5	0,7	1,4	2,9	5,4	10,1	13,7	12,0	7,1	3,5	1,2	0,6	4,9
Ср. относит. влажность воздуха, %	79	78	70	61	56	62	68	74	75	77	81	79	72
Минимальная относительная влажность воздуха, %	55	36	22	18	12	15	17	15	19	27	38	38	12
Максимальная абсолютная влажность воздуха, гПа	3,5	5,6	6,3	9,2	14,7	21,6	30,2	25,3	16,0	10,2	6,1	5,0	30,2

Таблица 1.3.9

**Средние, максимальные, минимальные месячные и максимальные  
суточные суммы осадков за период наблюдений 1925 - 2006 г.г, мм.  
Метеостанция Олекминск.**

Параметры	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Средняя сумма осадков	16	10	8	10	27	40	54	46	33	20	18	17	299
Максимальное количество осадков	33	26	24	33	86	104	187	119	92	55	53	36	487
Минимальное количество осадков	1	1	1	1	0	9	7	1	2	4	3	6	189
Суточный максимум осадков	7	5	8	12	38	39	80	38	32	31	13	7	80

Таблица 1.3.10

**Месячное и годовое количество твердых, жидких и смешанных осадков.  
МС Олекминск.**

Вид осадков		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Твердые	М М	16	10	8	8	6	-	-	-	2	15	18	17	100
	%	5, 3	3, 3	2, 7	2,7	2, 0	-	-	-	0,6 7	5, 0	6, 0	5, 7	33, 4
Жидкие	М М				1	12	40	53	46	26	2	-	-	180
	%				0,3 3	4, 0	13, 4	17, 7	15, 4	8,7	0, 7	-	-	60, 2
Смешанн ые	М М				1	9		1		5	3	-	-	19
	%				0,3 4	3, 0	-	0,3 4	-	1,7	1, 0	-	-	6,4

Таблица 1.3.11

**Максимальная интенсивность осадков за различные интервалы  
времени, мм/мин.  
М/ст. Олекминск**

5 ми н	дата	10 ми н	дата	20 ми н	дата	40 ми н	дата	60 ми н	Дата
1,32	18.VII.1978	1,32	18.VII.1978	0,75	18.VII.1978	0,48	24.VIII.1984	0,33	30.VII.1966

Таблица 1.3.12

Суммарная солнечная радиация (прямая и рассеянная) на горизонтальную поверхность при безоблачном небе, МДж/м<sup>2</sup>, широта 60°. Метеостанция Олекминск.

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Q, МДж/м <sup>2</sup>	68	169	406	612	825	877	856	660	454	208	84	47

Таблица 1.3.13

Суммарная солнечная радиация (прямая и рассеянная) на вертикальную поверхность при безоблачном небе, МДж/м<sup>2</sup>, широта 60°. Метеостанция Олекминск.

Ориентация	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
С	-	-	-	109	185	236	219	130	-	-	-	-
СВ/СЗ	-	-	118	239	329	414	359	264	180	77	-	-
В/З	67	156	308	497	547	559	554	482	356	208	107	65
ЮВ/ЮЗ	250	359	552	621	649	580	572	598	554	466	296	179
Ю	338	482	654	685	592	512	546	589	610	584	412	296

Таблица 1.3.14

Месячные и годовые величины скорости ветра, м/с. Метеостанция Олекминск.

Параметры	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Средняя скорость ветра, м/с	1,7	1,8	2,2	2,8	3,0	2,6	2,4	2,3	2,3	2,5	2,1	1,9	2,3
Абсолютная максимальная скорость ветра, м/с	12	18	21	18	17	19	18	14	20	18	18	20	21

Таблица 1.3.15

Среднее число дней со скоростью ветра равной или превышающей заданное значение. Метеостанция Олекминск.

Скорость ветра, м/с	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
≥ 8	1,3	1,3	2,1	3,7	4,4	2,8	1,5	1,6	2,2	3,4	2,6	1,7	29
≥ 15	0,1	0,2	0,5	0,8	0,7	0,6	0,5	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3	5

Таблица 1.3.16

Наибольшее число дней с сильным ветром (≥ 15 м/с). Метеостанция Олекминск.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
2	2	5	3	7	9	4	3	3	4	6	5	25

Таблица 1.3.17

**Максимальные скорости ветра различной вероятности, м/с. М/ст.  
Олекминск**

<b>Скорости ветра (м/с), возможные один раз в</b>				
<b>1 год</b>	<b>5 лет</b>	<b>10 лет</b>	<b>15 лет</b>	<b>20 лет</b>
18	22	23	24	25

Таблица 1.3.18

**Повторяемость направления ветра и штилей по 8 румбам (%). М/ст.  
Олекминск**

<b>Месяц</b>	<b>С</b>	<b>СВ</b>	<b>В</b>	<b>ЮВ</b>	<b>Ю</b>	<b>ЮЗ</b>	<b>З</b>	<b>СЗ</b>	<b>Штиль</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
I	1	23	18	0,2	2	30	23	3	21
II	2	21	15	0,4	3	30	26	3	23
III	5	17	9	1	3	29	28	8	14
IV	11	14	7	2	4	25	26	11	9

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
V	12	15	8	4	6	22	22	11	6
VI	12	20	11	4	6	19	18	10	9
VII	15	31	15	3	4	13	12	7	11
VIII	11	27	13	2	3	17	19	8	12
IX	9	20	9	3	4	20	24	11	14
X	5	12	6	1	6	30	33	7	16
XI	3	20	13	0,5	3	31	26	4	21
XII	2	21	15	0,3	3	32	24	3	22
Год	8	20	12	2	4	24	23	7	15

Таблица 1.3.19

**Максимальные ветровые нагрузки при гололедно-изморозевых  
отложениях на провода диаметром 10 мм с высотой подвеса 10 м над  
поверхностью земли, кгс/м возможные 1 раз в n лет, М/ст. Ленск**

<b>Ветровые нагрузки, возможные 1 раз в n лет</b>				
<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>
0,34	0,66	0,87	1,10	1,32

Таблица 1.3.20

**Среднее число дней с обледенением проводов гололедного станка. М/ст.  
Ленск**

<b>Явление</b>	<b>IX</b>	<b>X</b>	<b>XI</b>	<b>XII</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>Год</b>
Гололед	-	0,1	0,1	-	-	-	-	0,0	-	0,2
Зернистая изморозь	-	0,0	-	-	0,0	-	-	-	-	0,1
Кристаллическая изморозь	0,2	0,6	0,3	0,1	-	0,1	0,6	0,0	-	2,0
Мокрый снег	-	0,0	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,1
Все виды	0,2	0,7	0,4	0,1	0,0	0,1	0,6	0,1	0,0	2,0

Таблица 1.3.21

**Толщина стенки гололеда (мм) и массы гололедно-изморозевых отложений (г/м) на проводах диаметром 10 мм с высотой подвеса 10 м над поверхностью земли. М/ст. Ленск**

Толщина нормативной стенки гололеда (мм), возможная один раз в					Масса (г/м), возможная один раз в				
2 года	5 лет	10 лет	20 лет	30 лет	2 года	5 лет	10 лет	20 лет	30 лет
<0,5	0,5	2,0	5,0	-	<10	20	70	220	-

Таблица 1.3.22

**Повторяемость температуры воздуха при максимальных отложениях (%). М/ст. Ленск**

Вид отложения	Температура, °С (от – до)						Число случаев
	5,0 - 0,1	0,0 – (-4,9)	-5,0–(-9,9)	-10,0–(-19,9)	-20,0–(-29,9)	-30,0 и ниже	
Гололед	33	67	-	-	-	-	3
Зернистая изморозь	-	-	-	33	-	67	3
Кристаллическая изморозь	-	11	9	51	27	2	44
Мокрый снег	-	100	-	-	-	-	3

Таблица 1.3.23

**Максимальная величина отложения льда на проводах за год. М/ст.  
Ленск**

Годы	Вид отложения	Дата (число, месяц)		Продолжительность (часы)		Максимальная величина отложения			Метеорологические данные										
		начало	конец	нарастания отложения	большей	диаметр (мм) малый	диаметр (мм)	вес (г)	температура (°С)	В начале обледенения			При достижении отложения максимальных размеров				За период обледенения		
										направление	скорость (м/с)	атмосферные явления	температура (°С)	направление (румбы)	скорость (м/с)	атмосферные явления	температура	направление	максимальная скорость (м/с)
1971	Г	18.Х	18.Х	2	2	12	11	63	-3,3	СВ	5	дж	-0,5	Ю	2	дж	-3,3	Ю	5
1972	Ки	6.ХІ	6.ХІ	4	10	12	10	-	-24,7		0	и,т	-23,3	-	0	и,дм	-26,4		0
1972	Ки	29.І	29.І	4	6	9	8	-	-18,2	3	1	и	-21,1	-	0	и,с	-21,5	3	3
1973	Ки	24.Х	24.Х	3	5	13	9	-	-16,0	-	0	т	-16,9	-	0	дм	-16,9	-	0
**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1976	Зи	25.Х	25.Х	3	7	15	7	16	-13,8	СВ	1	и	-14,3		0	дм	-14,4	СВ	2
**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1984	Ки	18.І	18.І	5	5	15	11		-13,5	3	2	и	-13,2	3	3	с	-13,5	3	3
1985	Ки	4.ІV	4.ІV	2	4	15	13		-8,4	Ю	2	сл	-8,2	Ю	3	сл	-8,4	3	4
1986	Ки	16.Х	16.Х	6	8	23	20	16	-14,8	СВ	2	т	-10,5	СВ	2	с	-14,8	СВ	2
1987	Ки	27.Х	27.Х	1	3	6	6	-	-22,8	3	5	и	-22,8	3	5	и	-22,8	3	5
1988	Мс	9.V	9.V	1	9	8	8	-	0,2	3	3		-2,9	3	2		-3,2	3	3
1988	Мс	5.Х	5.Х	4	9	12	10	-	-0,7	Ю	7	дж	-0,6	ЮЗ	5	дж	-0,7	ЮЗ	7

-										3									СВ	
1989																				
1989	Ки	22.	22.	3	9	9	8	-	-	Ю	3	и	-	В	3	и	-	В	3	
-		Х	Х						10,2	В			12,6				13,8	В	3	
1990																				
**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание: \*\* означают отсутствие гололедно-изморозевых явлений; Г – гололед; Ки – кристаллическая изморозь; Зи – зернистая изморозь; Мс – мокрый снег; дж – дождь; и – иней; дм – дымка; с – снег; сл – снег ливневой; т – туман.

Таблица 1.3.24

**Средняя декадная высота снежного покрова по постоянной рейке, см.  
М/ст. Олекминск.**

Месяц	X			XI			XII			I			II			III		
Декада	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Высота, см	1	3	6	10	13	17	19	22	23	25	27	30	32	33	34	34	35	34

Продолжение таблицы 1.3.24

Месяц	IV			V			VI			Наибольшая за зиму			Место установки рейки		
Декада	1	2	3	1	2	3	1	2	3	ср.	макс	мин	Защищенное		
Высота, см	31	26	13	3	-	-	-	-	-	37	57	19			

Таблица 1.3.25

**Плотность (кг/м<sup>3</sup>) снежного покрова по снегосъемкам на последний день декады.  
М/ст. Олекминск**

Участок	IX		X			XI			XII			I			II		
	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Лес	-	-	-	-	11	12	12	13	13	13	14	14	15	16	16	16	17
					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Поле	-	-	-	-	13	13	13	14	15	16	16	17	17	18	18	19	19
					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Продолжение таблицы 1.3.25

Участок	III			IV			V			VI	Средняя при наибольшей декадной высоте
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	
Лес	170	170	180	180	200	210	-	-	-	-	170
Поле	190	200	200	210	220	260	-	-	-	-	190

Таблица 1.3.26

**Вес снежного покрова на единицу площади (кгс/м<sup>2</sup>). М/ст. Олекминск**

<b>Вес снежного покрова, максимальный за зиму</b>	<b>Прирост веса снежного покрова, максимальный за сутки</b>
---	---

возможный один раз в				возможный один раз в			
5 лет	10 лет	20 лет	50 лет	5 лет	10 лет	20 лет	50 лет
96	105	112	120	12	16	22	29

Таблица 1.3.27

**Число дней со снежным покровом, даты появления и схода снежного покрова, образования и разрушения устойчивого снежного покрова.**

**Метеостанция Олекминск.**

Дата появления снежного покрова			Дата образования устойчивого снежного покрова			Дата разрушения устойчивого снежного покрова			Дата схода снежного покрова		
сред- няя	самая ранняя	самая поздняя	средняя	самая ранняя	самая поздняя	средняя	самая ранняя	самая поздняя	сред- няя	самая ранняя	самая поздняя
5.X	10.IX	28.X	16.X	23.IX	3.XI	28.IV	13.IV	13.V	4.V	13.IV	31.V

Общее число дней со снежным покровом 202.

Таблица 1.3.28

**Число дней с неблагоприятными погодными явлениями. Метеостанция Олекминск.**

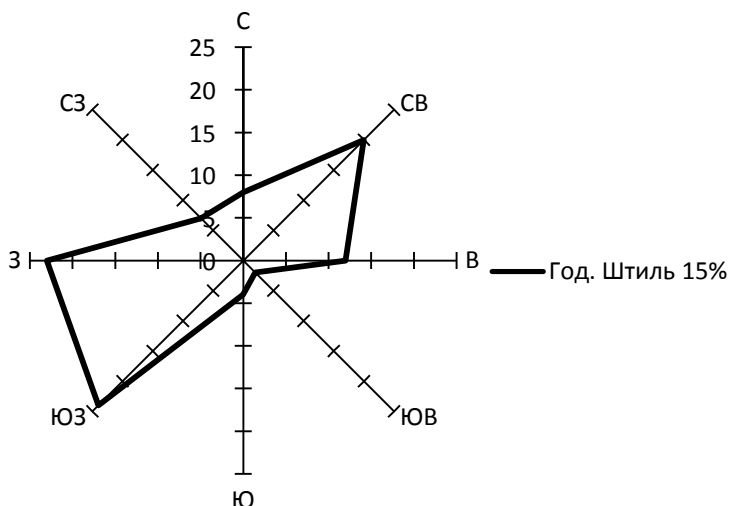
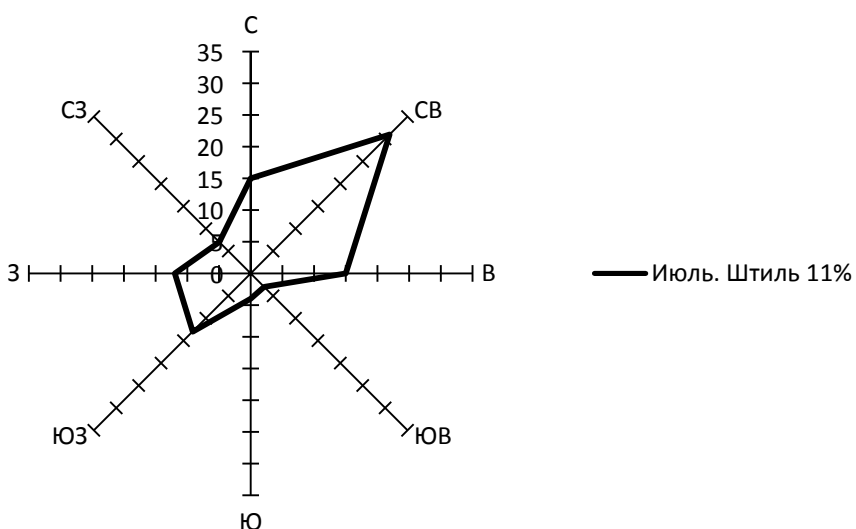
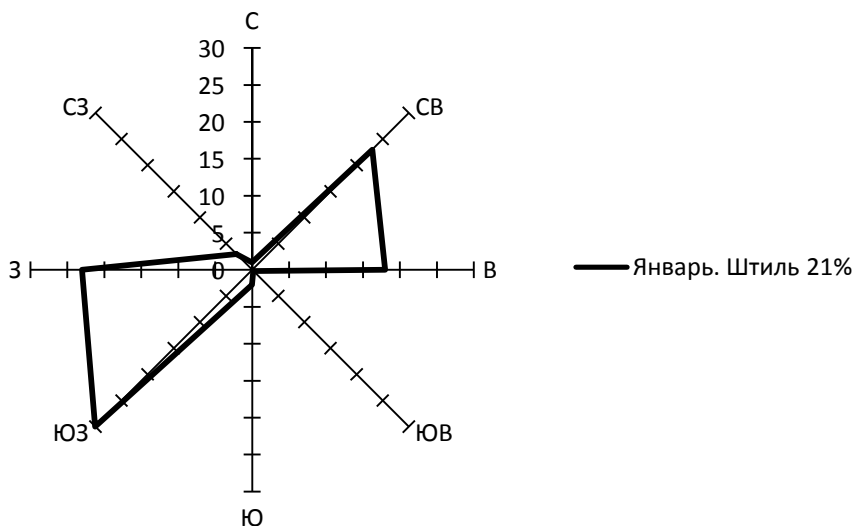
Параметры	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Наибольшее число дней с туманом	12	12	3	3	4	5	9	14	13	13	6	10	53
Среднее число дней с туманом	2	1	0,2	0,6	0,8	2	4	7	6	3	1	3	31
Среднее число дней с грозой	-	-	-	-	0,6	4	6	3	0,2	-	-	-	14
Среднее число дней с метелью	4	3	3	2	0,1	-	-	-	0,1	2	5	5	24
Наибольшее число дней с росой	-	-	-	-	4	20	22	24	18	-	-	-	76
Среднее число дней с росой	-	-	-	-	1	10	13	17	7	-	-	-	48

Таблица 1.3.29

**Число ясных и пасмурных дней по общей облачности. Метеостанция Олекминск.**

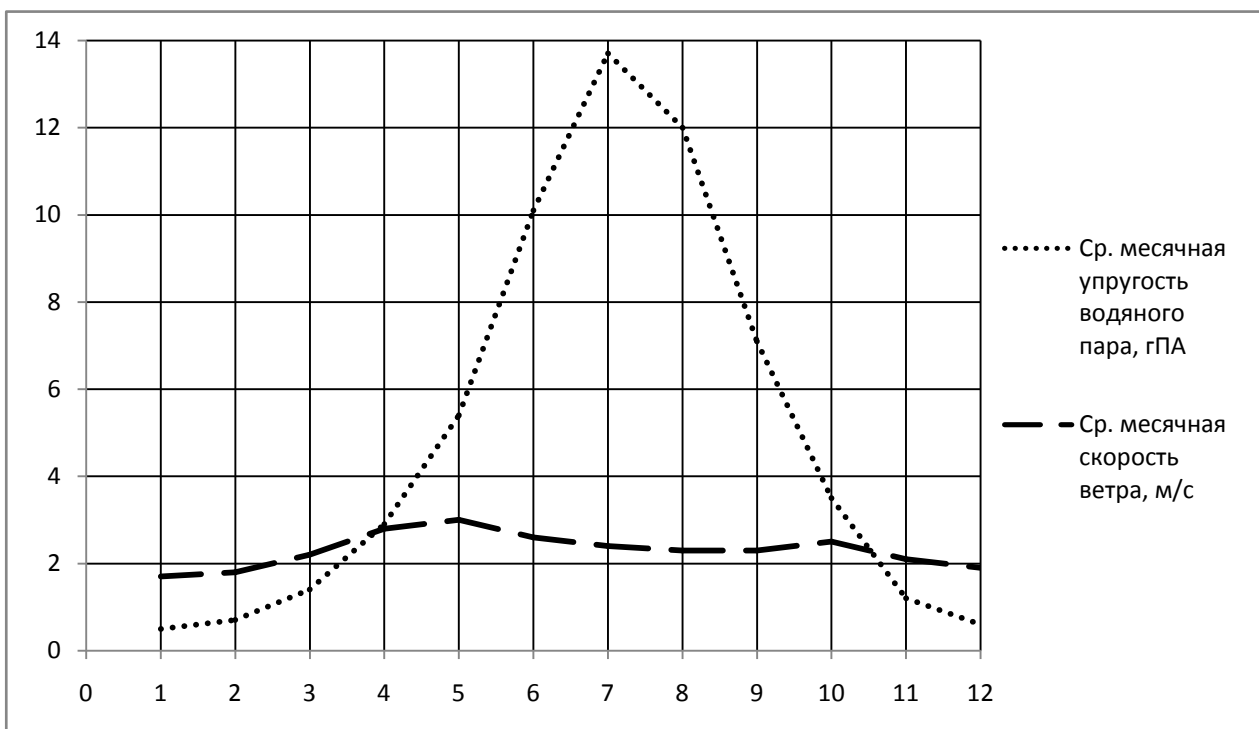
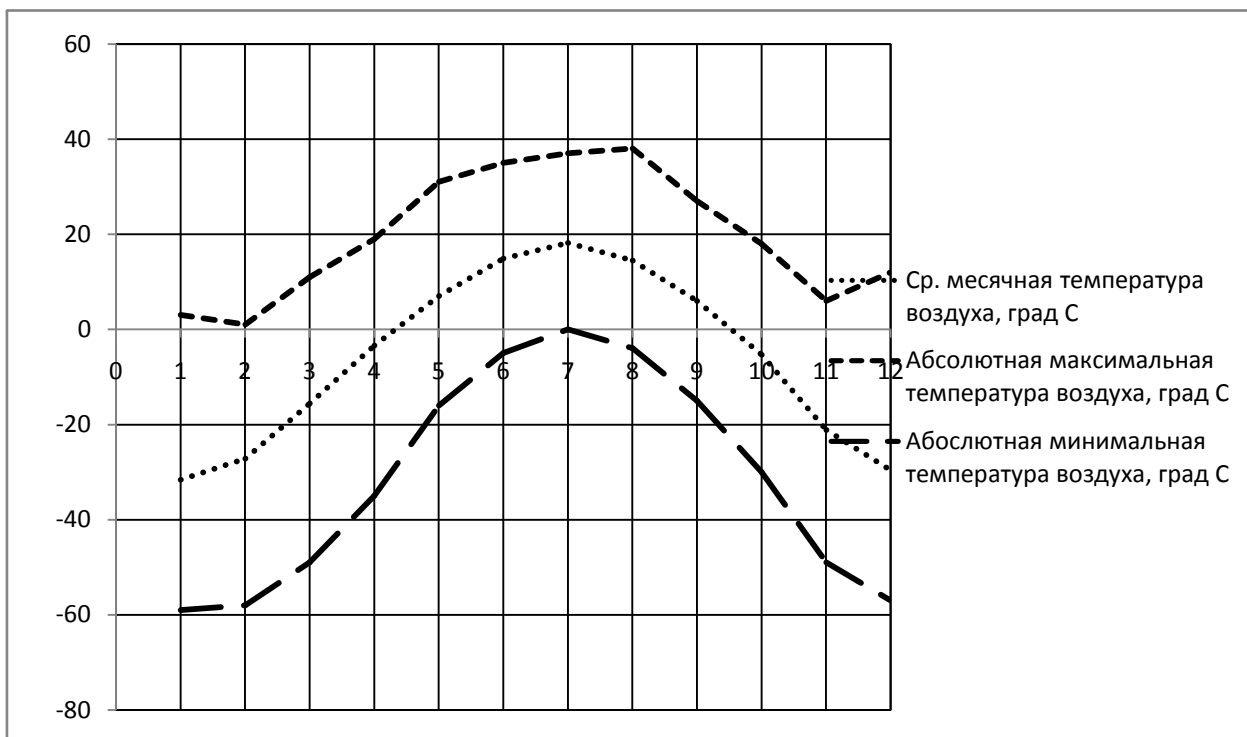
Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Ясные дни	4,9	5,0	5,7	3,4	1,7	2,2	2,1	3,1	1,9	1,0	3,0	4,3	38
Пасмурные дни	11,7	8,5	8,4	9,8	13,8	11,9	10,6	10,8	12,7	16,5	12,8	11,9	139





Направление ветра	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	штиль	месяц
Повторяемость	1	23	18	0,2	2	30	23	3	21	<b>январь</b>
направления ветра	15	31	15	3	4	13	12	7	11	<b>июль</b>
и штилей (%)	8	20	12	2	4	24	23	7	15	<b>год</b>

**Рис. 1.3.1. Повторяемость направления ветра и штилей. Метеостанция Олекминск.**



Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ср. месяч. t воздуха, °С	-31,6	-27,2	- 15,6	-3,4	7	14,9	18, 2	14,5	6	-5,3	- 21,1	-29,6
Абс. max t воздуха, °С	3	1	11	19	31	35	37	38	27	18	6	12
Абс. min t воздуха, °С	-59	-58	-49	-35	-16	-5	0	-4	-15	-30	-49	-57

Ср. месячная упругость водяного пара, гПа	0,5	0,7	1,4	2,9	5,4	10,1	13,7	12,0	7,1	3,5	1,2	0,6
Ср. месячная V ветра, м/с	1,7	1,8	2,2	2,8	3,0	2,6	2,4	2,3	2,3	2,5	2,1	1,9

**Рис. 1.3.2. Годовой ход метеорологических элементов. Метеостанция Олекминск.**

## **1.2. Гидроморфологическая и гидрографическая характеристики р. Лена.**

Лена - главная река Якутии - берет начало в горах на юге Сибири и, прорезав её всю с юга на север, впадает в море Лаптевых. Длина Лены – 4400 км, площадь бассейна – 2490000 км<sup>2</sup>, общее падение реки 930 м. По характеру течения Лена делится на три участка: 1) от истока до устья Витима, 2) от устья Витима до места впадения Алдана, 3) от впадения Алдана до устья.

На всём протяжении Лена протекает в области распространения вечной мерзлоты. Исток Лены находится на юго-западных склонах Байкальского хребта. Это небольшое, не имеющее названия озерко, лежащее на высоте 930 м над уровнем моря в 10 - 12 км от Байкала. В верховьях Лена течёт среди гор по дну глубокой и узкой долины, зимой промерзает чуть ли не до дна, в сухое и жаркое лето почти пересыхает; глубина её едва достигает до полуметра.

Всё верхнее течение Лены (до Витима), то есть почти третья часть её длины, приходится на горное Предбайкалье. На верхнем участке (до устья Витима) Лена протекает по древнему плато, преимущественно в узкой долине, часто ограниченной высокими, крутыми или обрывистыми склонами. Уклоны реки на этом участке значительны и в среднем составляет

0,6‰. Река относительно маловодна, русло изобилует мелководными перекатами. Водность ее значительно увеличивается лишь после впадения первого крупного притока - р. Киренги.

Лена в верхнем течении быстра, извилиста, местами порожи́ста. Её берега сложены крепкими кристаллическими породами. **Не одно тысячелетие прошло, пока морозы, солнце, ветер, дожди выточили в скалах причудливые башни, зубцы, “крепостные стены”.** Особенно разнообразны фигуры, созданные природой в местах выходов красных песчаников. Огромные утёсы, так называемые Ленские столбы, вздымаются по её берегам ниже Киренска, достигая в высоту 200-300 м.

После принятия справа Киренги, крупного и многоводного притока, Лена становится заметно многоводнее, глубины её возрастают до 10 м, а течение несколько замедляется. Над красными и серыми обрывами и там, где скалы отошли от реки, высокой и плотной стеной поднимаются леса: сосны, кедры, ели, пихты и лиственницы. Лиственница – основная порода Приленской тайги, прочное, водостойкое дерево.

К среднему течению Лены относят её отрезок между устьями рек Витима и Алдана, длиной 1415 км. Почти на всём этом участке Лена протекает в направлении, близком к широтному и, несколько не доходя до Якутска, резко поворачивает на север.

Витим - большой правый приток Лены, которым заканчивается её верхнее течение, берет начало к востоку от Байкала, в горах Витимского плоскогорья. Длина его равна 1820 км, площадь водосбора 227000 км<sup>2</sup>. Бассейн Витима расположен в горной стране, образованной платообразными возвышенностями и рядом параллельных хребтов - Яблоновым, Улан-Бургассы, Южно- и Северо-Муйским.

Река представляет собой горный водоток, протекающий большей частью в узкой долине, местами напоминающими щель. Русло ее изобилует каменистыми быстринами и порогами, где скорости течения достигают 3-4 м/сек. Особенно мощные пороги Витим образует ниже р. Бамбуйк (804 км от

устья), где он пересекает Южно-Муйский хребет и течет в глубокой каньонообразной долине. Скорость течения на порогах достигает до 5 м/сек. Наиболее значительными являются пороги Порамский и Делюн-Оранский. Большое число порогов препятствует развитию на Витиме судоходства, и регулярное судоходство по Витиму осуществляется на участке нижнего течения, от устья до Оранского порога (протяжением в 517 км).

Среднегодовой расход воды Витима в устье составляет около 2000 м<sup>3</sup>/сек. Питание реки происходит в основном за счет дождей. Снеговое питание, вследствие малых запасов снега в бассейне, играет второстепенную роль, а грунтовое питание вообще очень скудное. Водный режим Витима аналогичен рекам Дальнего Востока - в теплую часть года на реке отмечается растянутое половодье, обусловленное серией паводочных волн, образовавшихся за счет дождей. Амплитуда колебания уровня воды достигает 10-12 м.

Приняв Витим, Лена превращается в очень большую многоводную реку. Глубины возрастают до 10-12 м, русло расширяется, в нём появляются многочисленные острова, поросшие травой или небольшими куртинами леса. Коренные склоны отступают, долина расширяется до 20-30 км, появляется широкая пойма и несколько террас. Долина асимметрична: левый склон положе; правый, представленный северным краем Патомского нагорья, круче и выше. По обоим склонам растут густые хвойные леса, лишь иногда сменяемые лугами.

Между Витимом и Олёкмой Лена не получает крупных притоков. Притоки Большой Патом справа и Нюя слева довольно долго текут среди густых лесов в скалистых берегах параллельно Лене, прежде чем соединяются с ней. Лена значительно увеличивается в размерах после впадения Олекмы.

Олекма, так же как и Витим, является крупным правобережным притоком Лены. Длина ее 1810 км, площадь водосбора 201000 км<sup>2</sup>. Олёкма берет начало на северных склонах Олёкминского Становика и протекает

вначале на северо-восток, а затем течет почти точно на север. Долина Олёкмы в верховьях узкая, на реке много порогов, препятствующих сквозному судоходству. Особенно много порогов образуется в русле Олёкмы, на участке, где она пересекает отроги Станового хребта. На порогах уклон реки достигает 2,5‰, скорость течения - 5,5 м/сек. Ниже порогов Олёкма течёт спокойно в широкой долине, русло ее расширяется, скорости течения уменьшаются до 0,5-1,2 м/сек. Склоны долины покрыты лесами, главным образом из лиственницы, хотя есть и значительные массивы сосен.

Олекма по своему режиму занимает промежуточное положение между восточно-сибирским и дальневосточным типами режима рек. Половодья на реке отмечаются весной и в более позднее время, средний годовой расход воды составляет около 2000 м<sup>3</sup>/сек, амплитуда колебания уровня достигает 7,5-10 м. Олекма судоходна на участке протяженностью 409 км от устья до села Енюки. Самым большим ее притоком является река Чара, впадающая слева недалеко от устья. Площадь водосбора р. Чары равна 84000 км<sup>2</sup>, длина - 740 км.

Ниже устья Олёкмы до конца участка среднего течения Лена не имеет ни одного значительного притока, что, по-видимому, связано с геологическим строением этого района. Почти 600 км Лена течёт в глубокой и узкой долине, врезанной в известняки. Склоны долины иногда отвесно падают к урезам воды.

По водоносности Лена занимает второе место среди рек России, ее средний годовой расход воды в устье равен 15500 м<sup>3</sup>/сек. Нарастание расхода воды по длине реки характеризуется следующими данными:

Таблица 1.4.1

**Среднегодовой расход воды р. Лены**

<b>Участок реки</b>	<b>Среднегодовой расход воды</b>
Выше устья р. Киренги	480 м <sup>3</sup> /сек
Выше устья р. Витима	1700 м <sup>3</sup> /сек

Выше устья р. Олекмы	4500 м <sup>3</sup> /сек
Выше устья р. Алдана	6800 м <sup>3</sup> /сек
Выше устья р. Вилюя	12100 м <sup>3</sup> /сек
В устье	15500 м <sup>3</sup> /сек

Исследуемый участок проектируемого перехода магистрального нефтегазопровода пересекает р. Лена в среднем течении в 100 км выше г. Олекминска на 2338 км от устья, в 5 км ниже д. Иннях и в 11 км выше д. Дельгей Олекминского улуса.

Долина реки в створе перехода имеет трапецевидную форму, шириной по дну 2,2 – 2,3 км, с высокими террасированными склонами: левый – обрывистый с обнажением скальных пород (приложение В, фото 7), высотой 46 м, правый – более пологий, высотой 4,0 - 5,0 м.

Пойма на участке перехода преимущественно левосторонняя, общей шириной с руслом 2,195 - 2,22 км. Левосторонняя пойма имеет ширину 1,1 км, частично поросла смешанным лесом (ель, береза, лиственница), вдоль русла заросли ивы, далее расположены сенокосные угодья (приложение В, фото 6), ближе к подножью склона расположена заболоченная ложбина стока. Правобережная пойма шириной 150 м, залесенная (сосна, лиственница).

Береговые склоны пологие не высокие, незначительно расчленены логами, легко размываемые, покрыты галечником и валунами различного размера по песчаному основанию. Левый берег пологий высотой до 4 м, правый более крутой, высотой 4 - 6 м (приложение В, фото 8). Бровка правого берега имеет высотную отметку 143,05 м БС, левого – на 138,27 м БС.

Русло реки одноканальное, на участке перехода почти прямолинейное, хорошо врезанное.

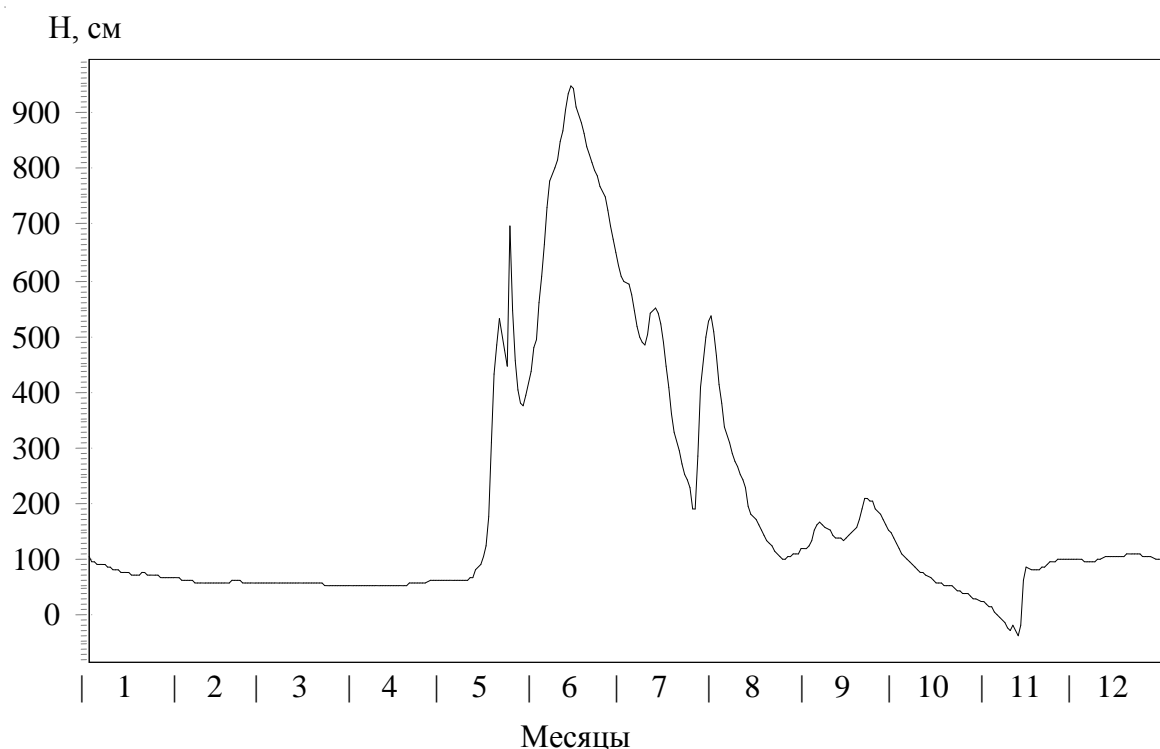
В створе перехода ширина реки по бровкам составляет 1060 м, по урезам на период проведения работ - 942 м, при рабочем ГВ 131,90 м БС. Максимальная глубина в створе 1 нитки 5,5м, резервной – 6,2м.

## ГЛАВА 2.

### Гидрологический режим участка перехода

#### 2.1. Уровненный режим

В водном режиме реки Лены четко выражено весенне-летнее половодье, летне-осенняя межень, несколько раз прерываемая высокими дождевыми паводками и длительная, устойчивая низкая зимняя межень. График хода ежедневных уровней воды за средний по водности 1994 год представлен на рис. 1.6.1.



**Рис. 1.6.1. График колебания ежедневных уровней воды р. Лена – с. Мача, средний по водности 1994 г. «0» гр. поста 138,90 м БС.**



Главной фазой водного режима реки Лены является весеннее половодье, которое формируется в основном за счет снеготаяния с участием дождевых вод. В этот период отмечаются высшие годовые уровни и максимальные расходы воды.

Формирование весеннего стока обусловлено сочетанием климатических факторов и факторов подстилающей поверхности. К первым относятся общие снегозапасы, интенсивность снеготаяния, увлажненность и промерзаемость почвогрунтов речных бассейнов. Вторые включают в себя общие черты рельефа, характеристики почвогрунтов и растительного покрова, озерность, залесенность и заболоченность речных водосборов.

В таблице 1.6.1 приведены даты начала и окончания половодья и наибольших срочных расходов за весь период наблюдений.

Как видно из таблицы, весеннее половодье чаще всего начинается в конце апреля, однако сроки могут сдвигаться до 2 недель на наиболее ранний или поздний период.

Совокупность факторов, формирующих половодье: запасы воды в снеге, уровень осеннего увлажнения почвы, погодные условия весны, могут вызвать резкий подъем уровней. Максимальная интенсивность роста уровней при этом достигает 115 см/час.

Таблица 1.6.1

**Даты весеннего половодья на р. Лена – в/п Мача**

	Дата		
	Начала половодья	Наибольшего срочного расхода	Окончания половодья
Средняя	30.04	06.06	09.07
Ранняя	13.04.46	30.04.39	23.06.48
Поздняя	15.05.87	09.07.83	03.08.70

Пик половодья на р. Лена наступает в среднем через 25 - 28 дней после начала подъема. Продолжительность стояния наивысших уровней на водотоках не превышает 1 суток.

На реке Лене вскрытие реки часто сопровождается мощными заторами льда, нередко вызывающими большие подъемы уровня воды. На гидрографе

половодья часто выделяется два-три пика, обусловленных заторами, неравномерностью снеготаяния и выпадением дождей в период снеготаяния.

Спад половодья проходит более плавно, чем подъем. Продолжительность половодья зависит от длительности водоотдачи и времени добегания, средняя продолжительность половодья на р. Лена составляет 70 дней. Заканчивается половодье на р. Лена обычно во второй декаде июля.

После окончания весеннего половодья наступает летне-осенняя межень, продолжающаяся с августа по сентябрь и прерываемая дождевыми паводками. Как правило, дождевые паводки по высоте ниже, чем половодье.

Летние паводки наблюдаются на Лене ежегодно, они обусловлены не только сильными дождями, но и таянием снега и ледников на ее горных притоках. На таких реках паводки обычно начинаются сразу после спада половодья, иногда накладываются на него и за летне-осенний период повторяются 5 – 10 раз.

В осенний период на водосборной площади Лены выпадают обильные дожди, обычно хорошо увлажняющие почвогрунты. С началом осенних заморозков значительная часть жидких осадков задерживается на поверхности речных водосборов, пополняя запасы воды, формирующие последующее весеннее половодье.

Зимняя межень устанавливается в октябре, окончание приходится на начало мая. Межень холодной части года продолжительна, длится около 6 месяцев. В течение долгой и суровой зимы формируется минимальный сток Лены.

На значительной части бассейна Лены распространена многолетняя мерзлота. Многие притоки, не только малые, но на отдельных участках и средние, перемерзают. На не перемерзающих реках зимние минимальные расходы в десятки раз меньше минимальных летних. На многих притоках Лены зимой образуются мощные наледи. Они аккумулируют значительную

долю зимнего стока и способствуют его перераспределению в течение года. Все эти факторы формирует минимальные расходы воды Лены.

В зимний период низкий сток обычно наступает с конца октября и длится до конца апреля. Наименьшие годовые расходы воды чаще всего наблюдаются в конце зимнего сезона, в марте-апреле при истощении грунтового питания.

Обращает на себя внимание тот факт, что многоводные годы формируются высоким стоком весеннего периода и значительными дождевыми паводками. В средние по водности годы сток формируется невысоким, но растянутым половодьем с несколькими пиками и высоким дождевым стоком в летне-осенние месяцы. Маловодные годы отмечаются при незначительных снегозапасах в предшествующий сезон и невысоких дождевых паводках.

Годовой ход уровней в целом соответствует режиму стока. Связь нарушается при заторно-зajorных явлениях и в период ледостава.

По этой же причине в годы высокой водности высшие годовые уровни и уровни ледохода совпадают. На водпосту Мача высшие уровни заторного происхождения отмечались в 1930, 1947, 1966, 1967, 1971 и 2000 годах. Данные официально получены в Якутском УГМС.

В начальный период изысканий на реке Лене на левом берегу в створе перехода был открыт временный водомерный пост свайного типа.

Наблюдения на основном водпосту проводились 1 раза в сутки – утром. Продолжительность наблюдений составила 30 дней. Данные наблюдений приведены в таблице 1.6.1.

## **2.2 Ледовый и термический режим**

Ледообразование на Лене начинается с появления заберегов и несколько позже – шуги. Первые ледовые образования наблюдается чаще всего в середине октября вслед за переходом температуры воздуха через 0 °С.

Практически сразу после появления первых ледовых образований начинается осенний шугоход. На некоторых притоках и на отдельных участках самой Лены замерзание воды начинается не с поверхности, а со дна, где образуется внутриводный лёд. Быстрое охлаждение придонного слоя воды ведёт к тому, что там появляются всё новые и новые кристаллики, а затем и слои льда, пропитанного водой. Такие комки рыхлого льда поднимаются к поверхности и уплывают вниз в виде шуги. Большое количество шуги и донного льда может полностью заполнить русло и образовать зажоры.

Осенний шугоход длится в среднем 23 суток, пока не устанавливается устойчивый ледостав.

Во время прохождения осеннего ледохода возможны заторы льда, образованные навалом льдин на мелководных участках, на крутых поворотах русла и в местах его сужения. Ледяной покров образуется от смерзания плывущих льдин, в связи с чем, ледяной покров торосистый (Приложение В, Фото 14, 15). Высота торосов может достигать 0,6 – 2,5 м.

Еще одно возможное на отдельных участках реки явление - это наледи, порой достигающие значительных размеров. Наледь может появиться при усиленном образовании донного льда, когда он вытесняет ещё не замёрзшую воду наверх, и возникает на перекатах, отдельный участок, которых промёрз до дна. Идущая сверху вода намерзает на слое льда, наращивает его постепенно. К концу зимы высота наледи может дойти до нескольких метров. Данных о наледных образованиях на участке изысканий в Якутском УГМС нет. Для рассматриваемого участка реки Лена наледные образования не характерны, так как мелких перекатов способных перемерзнуть, не отмечено.

Ледостав на Лене в среднем устанавливается в первой декаде ноября при значительном выхолаживании водных масс, наиболее ранние сроки 20 октября. Суровые климатические условия зимнего периода способствуют интенсивному нарастанию ледяного покрова на реках. Максимальное нарастание толщины льда (2 – 3 см/сут) отмечается в первый месяц, за счет

промерзания шуги, интенсивное нарастание льда 10 - 15 см за декаду происходит до февраля, в марте оно не превышает 0,2 см/сут.

Максимальная толщина льда на Лене наблюдается в конце марта – начале апреля, и по средним многолетним данным составляет 86 см. Максимальная зафиксированная толщина льда 20.04.1969 года составила 119 см. Максимальная толщина льда на участке перехода газопровода в период изысканий в марте 2011г составляет около 1.8 м.

Уменьшение толщины льда начинается в конце апреля, особенно интенсивно процесс таяния льда развивается после перехода температуры воздуха к положительным значениям и схода снега со льда. К моменту вскрытия рек толщина льда уменьшается на 20 – 40 %, а при поздних вскрытиях на 50 – 60%.

Средняя продолжительность ледостава – 188 суток, максимальная 203 суток, минимальная 171 сутки. Период всех ледовых явлений длится в среднем 221 день, при отклонении в 20 дней в сторону уменьшения или увеличения.

Разрушение ледового покрова начинается с устойчивого перехода температуры воздуха к положительным значениям, появления воды на льду, закраин и промоин, трещин.

В середине второй декады мая обычно начинается весенний ледоход, средняя продолжительность которого составляет 8 дней, при наибольшей 15 дней и наименьшей 2 дня. Крайние сроки прохождения ледохода 29.04.97 и 26.05.54.

Весенний ледоход характеризуется большой интенсивностью, так как Лена и ее наиболее крупные притоки текут с юга на север. При этом паводочная волна ломает еще достаточно крепкий и толстый ледяной покров.

Особенностью вскрытия является образование заторов в местах недостаточной ледопропускной способности русла (сужения, перекаты, острова, резкие повороты русла и т. д.). После прорыва затора уровни резко

падают и на берегах и пойме остаются навалы льда. На реке Лене заторный период может продолжаться до 10 суток.

Подъемы уровня воды в период вскрытия колеблются в больших пределах, и в многоводные годы может достигать 16 м над низкой зимней меженью.

Как показал анализ рядов наблюдений, в многоводные годы ледоход обычно проходит на пике весенних уровней.

В таблице 1.7.1 представлены многолетние данные о ледовых явлениях.

Таблица 1.7.1.

Характеристика	Дата					Продолжительность, сутки			
	начала осенних ледовых явлений	начала осеннего ледохода	начала ледостава	начала весеннего ледохода	окончания ледовых явлений	осеннего ледохода (шугохода)	весеннего ледохода (шугохода)	ледостава	всех ледовых явлений
средняя	16.10	17.10	07.11	16.05	24.05	23	8	188	221
ранняя (наиб)/ год (% случаев)	05.10/ (4%)	05.10. 1982, 1998	31.10/ (4%)	29.04.97	04.05.43	39 1997	15 1961, 1968	203 1927-28	236 1962-63, 1968-69
поздняя (наим)/ год (% случаев)	01.11.47	02.11.47	20.11.83	26.05.54	02.06.56	7 1929	2 1928	171 2008 - 2009	199 2008 - 2009

Термический режим рек региона обусловлен его географическим положением, климатическими, гидрологическими и геологическими, морфологическими особенностями.

Температура воды и ее распределение в речной сети также зависят от характера питания реки, направления течения, высоты водосбора.

В течение осенне-зимнего периода, примерно со второй половины октября и до конца апреля, температура воды в реках близка к нулю. Средняя месячная температура воды в мае в бассейне Лены составляет плюс 2 - 4°C. В июне-июле продолжается процесс интенсивного нагревания воды в реках и средняя месячная температура увеличивается до 18 - 20 °С и более.

Значительное влияние на термический режим оказывают мощность и глубина залегания многолетнемерзлых пород, выходы подземных вод, грунтовые наледи, сохраняющиеся до летнего сезона.

Наиболее ранний переход температуры через 0,2 °С наблюдается в начале мая. Самая высокая температура воды наблюдается в июле.

Охлаждение воды начинается в августе. Переход через 0,2 °С осенью и появление ледовых образований происходит в период с 1 по 28 октября.

Таблица 1.6.1

**Ежедневные уровни воды. Река Лена – створ МГ, вариант 2. "0"  
графика поста 120,00 м БС**

Дата	Время	№ сваи	Отсчет, см	Приводка, см	Уровень над "0" поста, см	Уровень, м БС срочный
19.02.2011	10:00	2	15	275	290	131.90
20.02.2011	10:00	2	15	275	290	131.90
21.02.2011	10:00	2	15	275	290	131.90
22.02.2011	9:00	2	15	275	290	131.90
23.02.2011	9:00	2	15	275	290	131.90
24.02.2011	9:00	2	15	275	290	131.90
25.02.2011	9:00	2	15	275	290	131.90
26.02.2011	9:00	2	15	275	290	131.90
27.02.2011	9:00	2	15	275	290	131.90
28.02.2011	9:00	2	15	275	290	131.90
1.03.2011	10:00	2	15	275	290	131.90
2.03.2011	10:00	2	15	275	290	131.90

3.03.2011	10:00	2	15	275	290	131.90
4.03.2011	10:00	2	15	275	290	131.90
5.03.2011	10:00	2	15	275	290	131.90
6.03.2011	10:00	2	15	275	290	131.90
7.03.2011	10:00	2	15	275	290	131.90
8.03.2011	10:00	2	15	275	290	131.90
9.03.2011	10:00	2	15	275	290	131.90
10.03.2011	9:00	2	15	275	290	131.90
11.03.2011	9:00	2	15	275	290	131.90
12.03.2011	9:00	2	15	275	290	131.90
13.03.2011	9:00	2	15	275	290	131.90
14.03.2011	9:00	2	15	275	290	131.90
15.03.2011	9:00	2	15	275	290	131.90
16.03.2011	9:00	2	15	275	290	131.90
17.03.2011	9:00	2	15	275	290	131.90
18.03.2011	9:00	2	15	275	290	131.90
19.03.2011	9:00	2	16	275	291	131.91
20.03.2011	9:00	2	16	275	291	131.91

### 2.3. Режим движения наносов

Изменение мутности воды и расходов взвешенных наносов происходит в основном одновременно с изменением водности реки. Устойчивая зимняя межень, когда реки питаются только подземными водами, характеризуется незначительной мутностью, в среднем  $2 \text{ г/м}^3$ .

В таблице 1.8.1 приведена мутность единичных проб воды в створе газопровода, взятых 10 марта 2011 года интеграционным методом. Суть метода заключается в том, что проба воды забирается непрерывно по всей глубине вертикали при перемещении батометра от поверхности ко дну и обратно. Для взятия проб воды применялись литровые бутылки из прозрачного стекла.

Выделение наносов из воды осуществлялась путем фильтрования под давлением. Для этого применялся прибор Куприна ГР-60. Максимальная измеренная мутность в зимний меженный период 2011 г составила  $4,6 \text{ г/м}^3$ , средняя  $1,8 \text{ г/м}^3$ . Анализ показал, что мутность больше у левого берега.



Максимальная мутность на р. Лене наблюдается в весенне-летний период. Время наступления пика мутности на Лене близко к датам максимального расхода воды, она отмечается чаще всего на пике и фазе начала спада половодья, при оттаивании берегов и опорожнении поймы. Кроме того, во время ледохода особенно интенсивно развита механическая работа льда. Максимальная мутность в этот период может достигать 60 - 80 г/м<sup>3</sup>.

Среднегодовая мутность составляет 25 – 50 г/м<sup>3</sup>.

Таблица 1.8.3

**Мутность единичных проб воды, г/м<sup>3</sup>. Река Лена – створ газопровода.**

<b>№ пробы</b>	<b>№ скоростной вертикали</b>	<b>Мутность на вертикали, г/м<sup>3</sup></b>
1	1	2
2	3	2,5
3	5	2
4	7	4,6
5	9	2,3
6	11	1,3
7	13	1,1
8	15	0,9
9	17	1,4
10	19	1,6
11	21	1,4
12	23	0,5

**Примечание: 1-я вертикаль у левого берега, 12-я у правого.**

На реках с паводочным режимом водная эрозия интенсивно проявляется и в летний период. Во время прохождения паводков при поступлении в русла рек большого количества продуктов смыва с водосборов, а также в связи с активизацией русловой эрозии, мутность воды также достигает высоких значений, однако не превышает весенние.

Сток взвешенных наносов внутри года распределяется неравномерно и в целом повторяет ход мутности воды. Основная доля годового объема стока взвешенных наносов приходится на многоводный весенне-летний период (80

– 95%). В зимний период сток наносов на реках ориентировочно около 5 % годового.

## 2.4. Максимальные уровни воды

Длительный период наблюдений за уровнями воды на водомерных постах р. Лена – г. Олекминск (с 1889 г) и с. Мача (с 1927 г), обуславливает возможность применения статистических методов обработки эмпирических рядов. Вероятность превышения Р% членов эмпирических рядов наблюдений вычислена согласно СП 33-101-2003 по формуле:

$$P_m = (m/n+1) \times 100\%, \text{ где:}$$

m - порядковый номер членов ряда, расположенных в убывающем порядке;

n - число членов ряда.

Наивысшие уровни весеннего половодья и весеннего ледохода для р. Лена в створах в/п Олекминск и Мача определены по эмпирическим кривым распределения ежегодных вероятностей превышения данных гидрологических характеристик (Приложение 1).

Расчетные уровни различной обеспеченности в створ проектирования переданы по уклону, от расчетного створа р. Лена - в/п Мача. (Таблица 1.11.1).

При передаче максимальных уровней в створ перехода уклон принят равным 0,092 ‰ (уклон при расчетных максимальных уровнях между в/п Мача и Олекминск).

Расчетные уровни приведены в таблице 1.11.2 и в приложении 2.

Таблица 1.11.1

### Передача уровней по уклону

Водото к	Ств. на который передаются уровни		Створ, от которого передаются уровни	Ук- лон, ‰	Рассто -яние, км	Δh, м	ГВВ <sub>Р%</sub> исходное ГВВ <sub>Р%</sub> расчетное			
	ПК	трасса					1	2	5	10
<b>Высшие годовые уровни, Н м БС</b>										

р. Лена	17+0 0	Газопровод 1 нитка	в/п с. Мача	0,09 2	69,2	-	6,37	154,7	153,6	152,4	150,5
								6	3	9	5
р. Лена	18+0 0	Газопровод резервная нитка	в/п с. Мача	0,09 2	69,1	-	6,36	148,3	147,2	146,1	144,18
								9	6	2	
р. Лена	17+0 0	Газопровод 1 нитка	в/п с. Мача	0,09 2	69,2	-	6,37	154,7	153,5	151,0	149,7
								6	3	3	0
р. Лена	18+0 0	Газопровод резервная нитка	в/п с. Мача	0,09 2	69,1	-	6,36	148,3	147,1	144,6	143,33
								9	6	6	
р. Лена	18+0 0	Газопровод резервная нитка	в/п с. Мача	0,09 2	69,1	-	6,36	154,7	153,5	151,0	149,7
								6	3	3	0
р. Лена	18+0 0	Газопровод резервная нитка	в/п с. Мача	0,09 2	69,1	-	6,36	148,4	147,1	144,6	143,34
								0	7	7	
<b>Высшие уровни ледохода, Н м БС</b>											

Таблица 1.11.2.

### Максимальные уровни

№ п/п	Водото к	ПК	Мах. уровни весеннего ледохода, м БС, обеспеченностью, %				Мах. уровни весеннего половодья, м БС, обеспеченностью, %			
			1	2	5	10	1	2	5	10
Основная нитка										
1	р. Лена	17+0 0	148,39	147,1 6	144,6 6	143,33	148,39	147,26	146,12	144,18
Резервная нитка										
2	р. Лена	18+0 0	148,40	147,1 7	144,6 7	143,34	148,40	147,27	146,13	144,19

Средний рабочий уровень (СРУ) р. Лена за период август – апрель (без периода весеннего половодья) определен по наблюдениям на в/п Мача, он составил 139,87 м БС, в створ перехода передан по меженному уклону, и составил в створах первой и резервной ниток газопровода – 133,50 м. БС.

### 2.5. Скоростной режим

Скоростной режим реки Лены тесно связан с водным режимом. В периоды повышенной водности – при таянии сезонных снегов и

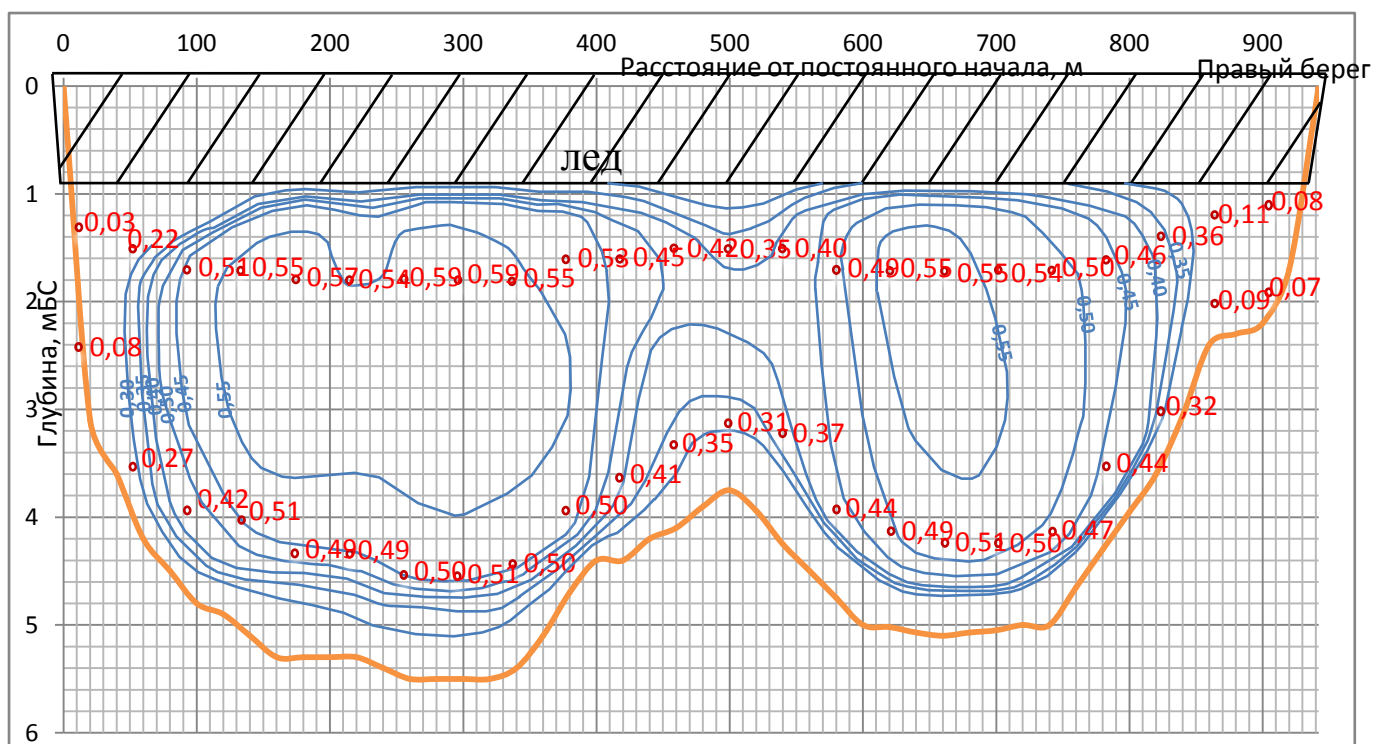
прохождении дождевых паводков расходы воды и скорости заметно увеличиваются, превышая меженные значения в разы.

Измерения расходов воды и скоростей течения на реке Лена выполнялись в течение трех дней в марте 2011 года во время зимней межени, до наступления волны весеннего половодья. Расходы измерялись сокращенным способом на горизонтах 0,2 и 0,8 Н, одновременно с отбором проб воды на мутность на основном створе (Приложение К).

Полученные результаты по основному центральному створу:  $Q = 1811 \text{ м}^3/\text{сек}$  при рабочем уровне в створе МГ 131,90 м БС. Средняя скорость по живому сечению  $V = 0,412 \text{ м/сек}$ , максимальная скорость  $V = 0,59 \text{ м/сек}$ . По результатам измерений построен поперечный профиль реки в изотахах (рис. 1.13.1).

На профиле видно, что наличие ледяного покрова смещает максимальные скорости к центру, так как нижняя граница льда имеет большую шероховатость, так же как и дно. В связи с этим часть изотак образуют замкнутые кривые, с максимальными значениями в центре. Из-за сложного характера рельефа, на профиле выделяются две зоны максимальных скоростей, у левого и правого берегов, так как местоположение наибольшей скорости приближенно совпадает с положением наибольшей глубины.

В связи с отсутствием наблюдений за скоростями течения в период прохождения максимальных расходов весеннего половодья на участке перехода газопровода, средние и максимальные скорости течения в русле р. Лена определены гидравлическим методом (см. Приложение Е).



**Рис. 1.13.1. Распределение скоростей по живому сечению реки Лена в створе перехода МГ. 10.03.2011 рабочий горизонт 131,90 м БС.**

Скорости течения при различных горизонтах воды приведены в таблицах помещенных на топографических профилях и в приложении 2).



### Глава 3

## Русловые деформации

Формирование речной сети исследуемой территории происходило под влиянием своеобразных природных условий, в первую очередь многолетней мерзлоты. Ископаемый лед на равнинах обусловил появление меандр с характерными поворотами русел, а наледи и многолетняя мерзлота - многорукавность.

Наличие многолетнемерзлых пород оказывает существенное влияние на развитие русловых процессов. Смерзшиеся грунты трудно поддаются размыву, но при повышении температуры воды, берега, особенно в местах со значительной льдистостью грунтов, подвергаются интенсивному размыву (солифлюкция), так как под действием теплой воды лед в берегах вытаивает, образуются промоины и ниши. Верхние, нависшие над нишами, мерзлые грунты под собственной тяжестью обрушиваются в реку. Разрушения берегов, связанные с наличием в грунтах линз льда, также происходит под воздействием солнечной радиации, но в меньших размерах, чем под действием теплой воды (см. Приложение В, Фото 10, 11).

Воздействие на русловой процесс оказывают погребенные льды, как современные, так и реликтовые. Явление многолетней мерзлоты приводит к образованию в поймах рек термокарста, и как следствие, цепочек понижений на поверхности пойм, что при определенных условиях способствует образованию спрямляющих протоков. Наряду с этим выпучивание грунтов приводит к созданию на поймах сосредоточенных течений и к разработке ими спрямляющих протоков.

Значительной эрозии берега русла реки подвергается во время ледохода. В период образования заторов, сопровождающихся быстрым подъемом и спадом уровней воды, происходит значительная переработка ложа реки и разрушение берегов. В то же время ледоход служит и средством

переноса материала. Так транспортируются со дна реки вмёрзшие в лёд гравий, галька и валуны. Такое вмёрзание в лёд донных отложений обычно бывает у пологих берегов, а также на промерзающих участках реки. В другом случае продукты выветривания поступают на поверхность льда с крутых и обрывистых берегов реки ещё до начала весеннего ледохода в результате сползания разжиженного, оттаявшего слоя почвы, или обвалов грунта по линиям морозобойных трещин.

В практике наблюдаются случаи, когда неизменяющиеся в течение многих лет уступы береговой линии (что обычно подтверждает лесная растительность) при катастрофических подъёмах воды разрушаются водными потоками.

При установившемся режиме течения русловой процесс выражается перемещением русловых мезо- и микроформ. В условиях колебаний водности установившиеся формы транспорта наносов периодически перестраиваются. На реках с присущей им неравномерностью режима стока воды в многолетнем разрезе и внутри года инерционность русловых образований сравнительно невелика. Подвижные структуры, оставленные высокими паводками (редкими и выдающимися), перестраиваются только такими же паводками, повторяющимися 1 раз в 100 - 30 лет. В промежутке времени между редкими паводками транспорт наносов осуществляется на уровне структур меньших порядков. В многопорядковой структуре руслового рельефа функционирование каждого порядка форм связано с соответствующим диапазоном расходов воды и скоростей течения.

Критические скорости сдвига слагающего русло крупного аллювия определяется по таблице ВСН 163-83 и приведены в таблице 1.12.1.

Для оценки взаимодействия водного потока и русла р. Лена были измерены скорости течения и определен грансостав донных отложений. Расход воды измерен в зимний период (март 2011г). Полученные результаты по основному створу:  $Q=1811 \text{ м}^3/\text{сек}$  при рабочем уровне в створе МГ 131,90



м БС. Средняя скорость по живому сечению  $V = 0,412$  м/сек, максимальная –  $V = 0,59$  м/сек (Приложение К). В связи с отсутствием наблюдений за скоростями течения в период прохождения максимальных расходов весеннего половодья на участке перехода газопровода, средние и максимальные скорости течения в русле р. Лена определены гидравлическим методом (см. Приложение Е). Расчеты показали, что максимальная скорость в створе перехода при прохождении максимальных расходов весеннего половодья равна 2.72 м/сек, средняя – 1,8 м/сек.

Донные отложения р. Лена в створе 1 нитки представлены: в приурезной зоне песком гравелистым и гравийными грунтами, основная часть русла - галечником щебенистым; в створе резервной нитки - галечником щебенистым, и лишь в приурезной части левого берега – песком гравелистым. По данным буровых работ в русле, преобладающий диаметр крупного аллювия в центральной части русла менее 70 мм. В приурезной полосе наблюдаются более мелкие фракции – песок гравелистый. Анализ скоростей течения и крупности частиц показал, что в меженный период крупнообломочный материал не транспортируется, возможны лишь перемещения песка различных фракций.

Таким образом, транспорт наносов возможен только в период прохождения волны весеннего половодья и высоких дождевых паводков при максимальных продольных уклонах и скоростях течения. Руслоформирующий расход будет проходить при достижении придонных скоростей течения значений 1,5 - 2,0 м/с и более, когда будет транспортироваться слагающий русло средний и крупный аллювий.

Таблица 1.12.1

**Значения неразмывающей скорости потока для крупных наносов, м/с.**

Н, м	Диаметр, см													
	1,5	2	3	4	5	7	10	15	20	25	30	40	50	60
0,5	1,12	1,23	1,41	1,52	1,62	1,75	1,88	1,97	2,0	2,0	-	-	-	-
1,0	1,25	1,40	1,60	1,76	1,88	2,07	2,30	2,50	2,67	2,74	2,78	2,80	2,80	-
1,5	1,34	1,47	1,71	1,88	2,03	2,25	2,52	2,83	3,02	3,14	3,27	3,34	3,43	3,47
2,0	1,38	1,54	1,79	1,98	2,22	2,37	2,66	3,0	3,26	3,42	3,54	3,74	3,90	3,92
2,5	1,42	1,58	1,85	2,10	2,38	2,47	2,80	3,17	3,41	3,63	3,70	4,0	4,21	4,28
3,0	1,46	1,62	1,90	2,12	2,33	2,65	2,87	3,28	3,58	3,80	4,0	4,22	4,45	4,60

4,0	1,51	1,68	1,95	2,19	2,40	2,71	3,22	3,43	3,80	4,06	4,25	4,56	4,86	5,0
-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----

Максимальные скорости течения, измеренные специалистами Олекминской гидрометеостанции, в период половодья достигали 3 м/с. Весной, в связи с огромной массой водного потока, происходит выравнивание скоростей по вертикали, и придонные скорости будут лишь незначительно ниже средних на вертикали. Следовательно, переформирование русла реки Лена происходит лишь в период половодья и при прохождении высоких дождевых паводков.

Русловые процессы реки Лена очень сложны, что связано с различным геологическим строением ложа русла, береговых склонов, особенностями водного режима, наличием многолетней мерзлоты, развитием термокарста и т.д.

На участке Лены от с. Мача до города Олекминска русловой процесс развивается по типу ограниченного меандрирования на фоне русловой многорукавности. Ограничивающим фактором на правобережье, в которое врезается река, являются выходы скальных пород, препятствующих врезанию русла в берег. Русло здесь разветвляется на 2, а порой и на 3 рукава, образуя многочисленные острова - Точильнинский, Мал. Березовский, Сафронов, Березовый, Дельгей и другие. Общая ширина русла и левобережной поймы здесь достигает 3 - 12 км.

Широкое распластанное русло здесь изобилует мелководными участками (перекат Точильнинский), встречаются песчаные осередки. Ежегодно затопляемая пойма и острова изобилуют многочисленными протоками, озерками и временными водотоками.

На участке переход газопровода, русло почти прямолинейное в плане, с небольшим изгибом вправо. Правый берег характеризуется более изрезанной береговой линией, крутизной и высотой, сложен в нижней части песком гравелистым, в верхней – суглинками и супесями. Левый берег на участке

перехода также достаточно крут, склон сложен гравийными грунтами, местами галечником щебенистым, в верхней части гравийными песками.

Выполненная русловая съемка в марте 2011г (Приложение Ж) показала, что на исследуемом участке реки можно выделить 2 плеса и 2 переката. Первый плес расположен в 420м, второй в 5000 м выше створа перехода, вышележащий перекат расположен в 1400 м, а нижележащий в 200 м от створа перехода, что хорошо прослеживается на продольном профиле дна, построенном по линии максимальных глубин (см. Приложение И).

По типу руслового процесса р. Лена в районе изысканий относится к типу ограниченного меандрирования.

Прогнозируемая отметка размыва дна, согласно ВСН163-83, получена путем суммирования многолетних и сезонных деформаций дна. Минимальная отметка дна в пределах вышележащей излучины, принята за наименьшую отметку прогнозируемого глубинного размыва в расчетном створе (многолетний размыв). Дополнительные деформации дна, обусловленные переформированием русловых микроформ (сезонный размыв), определены по формуле:

$$\Delta_r = 0,1 k_r (H_{5\%} - H),$$

где  $k_r$  - коэффициент, учитывающий возможные отклонения фактической высоты гряд от расчетных значений, принимаемый равным 1,3;

$H_{5\%}$  - глубина в расчётном поперечнике при уровне воды 5%-ной обеспеченности;

$H$  - глубина в этом же створе на момент русловой съёмки.

Расчет и результаты расчетов приведены в таблице.1.12.2.

Таблица 1.12.2

**Расчет глубинного размыва**

№ п/п	Водоток	ПК	$H_{\max}$ в ств, м	$H_{5\%}$ , м	$\Delta_r$ , м	$H_{\min}$ , м БС	Минимальная отметка размыва дна, м БС
Основная нитка							
1	р. Лена	17+00	5,50	19,72	1,85	124,28	122,43
Резервная нитка							
3	р. Лена	18+00	6,18	20,41	1,85	124,28	122,43

Как показало обследование, реке Лене присущи и плановые деформации. Это подтверждается обследованием 5-километрового участка реки, опросом местных жителей, фотографиями. Обследование реки показало, что водный поток и ледоход оказывают значительное разрушающее воздействие на береговые склоны, вырывая с корнем деревья на бровках реки.

Следует отметить, что даже в период гидрологического обследования зимой 2011г выявлены участки левобережного и правобережного склона, где

наблюдается процесс напоминающий солифлюкцию (Приложение В, Фото 10, 11).

Учитывая техногенное воздействие в период строительства и эксплуатации газопровода, исключить возможность развития процессов солифлюкции в створах перехода нельзя.

Поскольку динамическому воздействию потока подтвержден только талый слой грунта берегового откоса, все показатели интенсивности размыва (угол разворота, соотношение глубин, степень крутизны и т.д.), указанные в ВСН-163-83 в условиях наличия мерзлых грунтов не работают, и интенсивность разрушения берега зависит только от величины протаивания и угла наклона берегового откоса, т.е. явление солифлюкции.

По термознергетическим расчетам (профессор Даниэлян Ю.С.) среднегодовое оттаивание берегового откоса:

- глина –  $h_{\text{отт}}^t = 1,0$  м/год;
- суглинки –  $h_{\text{отт}}^t = 1,09$  м/год;
- супеси –  $h_{\text{отт}}^t = 1,17$  м/год;
- пески -  $h_{\text{отт}}^t = 1,39$  м/год.

Учитывая высокую степень опасности возникновения аварийных ситуаций на переходах через водотоки; принимая во внимание полное отсутствие систематических наблюдений за явлением солифлюкции; сопоставляя соответствие материалов ВСН 39-1-10-004-2000 (М. 2001) по продвижению бровки водотоков предполагаемым результатам, а также учитывая физико-механические свойства мерзлых грунтов – предлагаются для расчетов смещения бровки под влиянием термоэрозии и солифлюкции следующие коэффициенты; начиная с угла берегового откоса: 1,0 – до 45°, 1,5 - от 45° до 60° и 2 – свыше 60° (таблица 1.12.3).

Таблица 1.12.3

Грунт	Угол ( $\alpha^\circ$ ) берегового откоса	Коэффициенты		
		$\alpha^\circ - 45^\circ$	$46^\circ - 60^\circ$	$61^\circ - 90^\circ$
песок	25	1	1,5	2,0
супесь	18	1	1,5	2,0
суглинок	14	1	1,5	2,0
глина	13	1	1,5	2,0

Величина смещения бровки за счет оползания рассчитывается как произведение величины оттаивания на коэффициент откоса:

$$L_{\max} = h_{\text{отт}} \times K_{\text{отк}} \times T, \text{ где:}$$

$h_{\text{отт}}$  – глубина оттаивания для одного из четырех типов грунта;

$K_{\text{отк}}$  – коэффициент откоса;

$T$  – период эксплуатации;

$L_{\max}$  – величина смещения бровки берега.

Расчет и результаты расчетов сведены в таблицу 1.12.4.

Таблица 1.12.4

#### Расчет плановой деформации (береговой размыв)

Водоток	Правый берег				Левый берег			
	грунт	угол откоса	$S_{\max}$ , м/год	$L_b$ , м	грунт	угол откоса	$S_{\max}$ , м/год	$L_b$ , м
1 нитка								
р. Лена	супесь	$18^\circ$	1,17	29,25	песок гравелистый	$25^\circ$	1,39	34,75
Резервная нитка								
р. Лена	песок гравелистый	$25^\circ$	1,39	34,75	песок	$25^\circ$	1,39	34,75

Профиля предельного размыва русла р. Лена в створах переходов представлены на топографических профилях.