

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра метеорологии и климатологии

**Анализ максимальных расходов воды различного генезиса
для участка магистрального газопровода «Сила Сибири»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 3 курса 321ИП группы

направления 05.03.05 Прикладная гидрометеорология

географического факультета

Литвинова Владимира Викторовича

Научный руководитель

Зав. кафедрой, к.г.н., доцент

М.Ю. Червяков

Заведующий кафедрой

к.г.н., доцент

М.Ю. Червяков

Саратов 2020

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на территории Российской Федерации и за ее пределами происходит стабильное расширение и разветвление сети трубопроводов, поскольку является наиболее экономически выгодным видом поставки сырья, при этом поставка продукции происходит непрерывно, за счет чего объемы транспортировки значительно превышают иные виды: железнодорожный, морскими судами, автотранспортом.

Создание трубопровода основывается на принятых проектных решениях разработанных по результатам инженерных изысканиях, поскольку нуждаются как в экономической обоснованности, так и надежности.

В инженерных изысканиях в свою очередь выделяют: инженерно-геодезические, инженерно-геологические, инженерно-гидрометеорологические и инженерно-экологические.

В рамках инженерно-гидрометеорологических изысканий в проектные отделения и организации передается информация о климатической характеристике района, уровнях затопления заданной вероятности, расчетные профили предельного размыв и иные характеристики.

В работе выполнены расчеты максимальных расходов весеннего половодья и дождевых паводков по материалам сети гидрометеорологических постов расположенных в южной части Республики Саха (Якутия), основываясь на морфометрических характеристиках водосборных бассейнов. В качестве района изысканий выбраны Алданский и Нерюнгринский районы Якутии.

1 Физико-географические условия района

Рассматриваемый участок расположен на территории Алданского и Нерюнгринского районов Республики Саха.

Перепад отметок рельефа местности от 350 м БС (дно речных долин) до отметок, превышающих 1500 м БС (вершины гольцов, водоразделы).

Исследуемый участок идет по прерывистой мерзлой зоне мощностью до 100 м. Слой сезонного оттаивания изменяется от 1 м на торфяных грунтах с развитым

моховым покровом до 3 м на песчаных грунтах разреженных сосновых боров с не сплошным дерновым покровом. Сквозные талики, расчленяющие мерзлую зону на отдельные участки, приурочены к определенным местам.

Речная сеть территории вдоль трассы газопровода принадлежит бассейну реки Алдан (правый приток Лены). Средние реки протекают по хорошо разработанным долинам с многочисленными террасами. Горные реки отличаются каменистыми руслами, изобилующими порогами, шиверами и перекатами. Наиболее распространены здесь немеандрирующие русла. Свободное меандрирование рек наблюдается только в широких, заболоченных пойменных долинах. Ограниченное меандрирование русел также встречается лишь в верховьях рек на коротких участках. Разветвленные русла редки, приурочены к местам скопления обломочного материала.

2 Гидрометеорологическая изученность

Постоянные гидрометеорологические наблюдения в районе изысканий проводятся на метеостанциях и гидрологических постах ФГБУ «Якутское УГМС».

В климатическом отношении территория недостаточно изучена. Не все метеорологические станции имеют полный комплекс наблюдений и расстояние между метеостанциями зачастую превышает 100 км.

Таблица 2.1 – Перечень метеорологических станций в районе изысканий (составлена автором)

№ п/п	Метеостанция	Высота над уровнем моря, м	Период наблюдений	Расстояние до трассы, км
1	Алдан	676	1926 – действует	10
2	Канку	1218	1950 – действует	30
3	Чульман	855	1936 – действует	6
4	Томмот	283	1939 – действует	94

По степени гидрологической изученности рассматриваемая территория относится к недостаточно изученным. Несмотря на то, что гидрологические посты действуют как на больших и средних реках, так и на малых, продолжительность наблюдений на последних и число постов остаются недостаточными. В таблице 2.2 приведены сведения о гидрологических постах района изысканий, которые показаны на схеме, представленной в графическом приложении А.

Таблица 2.2 - Перечень гидрологических постов в районе изысканий [9]

№ п/ п	Название водного объекта и пункта наблюдений	Расстояние от, км		Площадь водосбора, км ²	Период действия	
		истока	устья		открыт	закрыт
1	р. Туолба – г.п. Кордон	100	295	1 020	22.07.1989	01.07.1996
2	р. Туолба – пос. Алексеевка	352	43.0	14 400	05.09.1934	10.04.2000
3	р. Алдан – пос. Суон-Тиит	345	1928	18 500	12.12.1950	действует
4	р. Алдан – г. Томмот	669	1 604	49 500	17.07.1925	действует
5	р. Суон-Тиит – г.п. Хрустальный	22.0	0.50	210	10.11.1976	действует
6	р. Большой Нимныр (Улахан-Ньымныыр) – р.п. Большой Нимныр	68	113	190	10.12.1947	действует
7	р. Малый Аян – г.п. Малый Аян	14.0	2.10	99.2	01.09.1979	01.01.1988
8	р. Селигдар – 480 м выше устья руч. Тигровый	4.00	102	11.6	01.06.1976	18.10.1977
9	руч. Тигровый – 20 м от устья	2.50	0.00	5.56	01.05.1976	31.10.1977
10	р. Якоцит – пос. Якоцит	78.0	27.0	1050	01.01.1949 (06.04.1954)	действует
11	р. Эвенкийский Укулаан – 4.5 км от устья (9 км от устья)	46.0	4.50	618	18.09.1953 (01.01.1965)	01.01.1998
12	р. Элькон – 3.0 км от устья	33.0	3.00	649	16.08.1969	01.04.1988
13	р. Якутский Укулаан – г. Томмот	28.0	2.50	260	01.10.1945	07.04.1953
14	р. Радио-Уруйэтэ – 1.8 км от устья	8.00	1.80	22.8	29.06.1962	действует
15	р. Тимптон – г.п. Усть-Тимптон	624	20.0	43 700	28.07.1952	действует
16	р. Большой Ыллымах – р.п. Ыллымах	52.0	34.0	2710	26.04.1952	действует
17	р. Эмельджак– ГМС Горелый	1.00	23.0	20.4	01.07.1973	01.01.1988
18	р. Малый Ыллымах – г.п. Соболиный	8.00	0.50	30.3	17.08.1971	действует
19	р. Амга – с. Буяга	530	932	23 900	19.12.1932	действует
20	р. Иенгра – в.п. Золотинка	83,0	65,0	961	30.06.1953	действует
21	р. Чульман – в/п Чульман	80,0	29,0	3840	27.07.1948	действует
22	р. Большая Хатами – в/п Большая Хатами	22	18	473	30.08.1951	действует

3 Водный режим

Водотоки района изысканий принадлежат правобережной части бассейна реки Алдан, по характеру питания и водного режима относятся к восточно-сибирскому типу. На данных водотоках максимальные расходы в одни годы бывают в период весеннего половодья, а в другие – во время летне-осенних паводков. Число таких лет в среднем одинаково. Однако, самые большие расходы за весь период наблюдений на реках этой группы чаще принадлежат летне-осенним паводкам, особенно на реках, с малыми водосборами.

Половодье на реках обычно начинается в конце апреля - начале мая, а заканчивается в первой половине июня. Продолжительность его на больших и средних реках составляет 35-50 суток.

Паводки представляют собой хорошо выраженные подъемы воды в виде одиночных или многовершинных пиков, разделенных между собой периодами относительно низких уровней продолжительностью от нескольких до 10 суток. Интенсивность изменения уровня воды горных рек при паводках может быть большей, чем в половодье.

Распределение годового стока рек выглядит следующим образом: на долю снегового питания приходится 20-40%, на долю дождевого – 40-60%, а на долю подземного питания 10-15%.

3.1 Уровненный режим

Для рек данной территории характерны в различной степени выраженные подъемы уровня воды во время весеннего половодья, значительные и резкие подъемы и спады в летне-осенний период и сравнительно низкое и устойчивое положение уровня в холодную часть года.

В результате снеготаяния в конце апреля – начале мая начинается весенний подъем уровня. На непромерзающих реках этот подъем приводит, как правило, к подъему уровня воды. На многих промерзающих реках и водотоках с сильно

развитыми наледями часть весеннего стока происходит по поверхности ледяного покрова при повышенных уровнях. По мере дальнейшего потепления и в связи с этим увеличением водности потока им разрабатывается русло во льду, и подъем сменяется спадом.

Наивысшие уровни весеннего половодья наблюдаются преимущественно после освобождения реки ото льда, но нередко имеют место и в период ледохода или при заторах льда.

Одной из характеристик годового хода уровня рек является наибольшая интенсивность его изменения. Особенно быстрый подъем весеннего половодья (4-8 м/сутки) отмечается на больших реках с явно выраженной этой фазой режима, что обусловлено ускоренным таянием снега в бассейнах, и меридиональным направлением течения рек.

3.2 Ледовый и термический режим

Ледовый режим

Ледообразование на реках рассматриваемой территории происходит, как правило, в условиях низкой водности.

В среднем на малых реках ледообразование начинается 4-15/X. На средних и больших реках лед начинает образовываться 12-20/X.

Установление сплошного ледяного покрова на реках данной территории происходит к концу октября. В годы раннего наступления зимы ледостав образуется примерно на 15-20 дней раньше, а в годы с теплой осенью – до 20 дней позже, чем обычно.

Промерзание рек часто приводит к формированию наледей. Наиболее интенсивное развитие наледей происходит в январе – феврале, иногда в марте. Усиленный рост наледей наблюдается в холодные и малоснежные зимы. Продолжительность ледостава в среднем составляет 210 дней, наибольшая 249 и наименьшая 168 дней.

Окончательное очищение ото льда рек происходит в середине мая. Поздние сроки очищения рек ото льда сдвигаются к концу мая – началу июня [18].

4 Обработка рядов наблюдений на гидрологических постах

При расчете весеннего половодья статистической обработке рядов наблюдения подвергаются максимальные расходы и слои стока с последующем вычислением слоев стока. Расчеты слоев стока выполнены только по 2 водомерным постам. Значения слоев стока по остальным водомерным постам приняты по справочным материалам УГМС и архивных отчетов инженеров изысканий

При расчетах дождевых паводков расчет производится только по максимальным расходам.

Материалы статистической обработки (кривые распределения и параметры кривых распределения) представлены в приложении Б.

В соответствии с требованиями нормативной документации для расчета максимальных расходов весеннего половодья применяется формула:

$$Q_{p\%} = \frac{K_o h_{1\%} A}{(A+1)^n} \lambda_p \delta_1 \delta_2$$

Обратной задачей выполнено вычисление коэффициента дружности.

Полученная схема значений представлена в приложении В.

5 Расчет максимальных расходов

При планировании размещения трассы магистрального трубопровода, помимо экономического обоснования (использования кратчайшего пути между двумя точками), учитывается физико-географическое положение, рельеф местности, гидрографическая сеть, наличие иных трасс и коммуникаций в районе прохождения трассы трубопровода.

Так или иначе, но избежать прохождения трассы трубопроводов значительной протяженности с исключением пересечений водотоков и объектов эрозионной сети не представляется возможным. В связи с чем необходимым

условием расчета максимальных расходов является также получение морфометрических характеристик пересекаемых водотоков и объектов эрозионной сети.

Для получения морфометрических характеристик используются картографические материалы различных масштабов.

Поскольку в исследуемом районе наблюдаются уровни высоких вод как в период весеннего половодья, так и в период дождевых паводков возникает необходимость расчетов максимального расхода различного генезиса.

В ходе анализа картографических материалов выявлено, что участок магистрального газопровода на участке км 921 – км 1130 пересекает 128 объектов водно-эрозионной сети из них 74 имеют площадь водосбора менее 1 км².

5.1 Расчет максимальных расходов весеннего половодья

Как указывалось в разделе 4, для расчета максимальных расходов весеннего половодья используется формула:

$$Q_{p\%} = \frac{K_o h_{1\%} A}{(A+1)^n} \lambda_p \delta \delta_1 \delta_2$$

Благодаря полученным данным выполнен расчет максимальных расходов. Результаты выполненных расчетов и принятые для расчета значения представлены в приложении Г.

5.2 Расчет максимальных расходов дождевых паводков по редуционной формуле

Магистральный газопровод «Сила Сибири» на участке газопровода км 921 – км 1130 пересекает только 2 водотока с площадью водосбора превышающей 200 км².

В соответствии с требованиями СП 33-101-2003 для водотоков, чья площадь водосбора превышает 200 км² расчет максимальных расходов дождевых паводков производится по редуцированной формуле с использованием аналога:

$$Q_{p\%} = q_{p\%,a} \varphi_m (\delta\delta_2/\delta_a\delta_{2a}) A, \quad (4.1)$$

Статистические параметры распределения рядов максимальных расходов воды дождевых паводков, ординаты кривых распределения, приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Параметры распределения рядов максимальных расходов воды дождевого стока и ординаты их кривых обеспеченностей по опорным постам (составлена автором)

Наименование	р. Большой Нимныр – п. Большой Нимныр	р. Бол. Хатами-пос. Б. Хатами
Длина ряда n	53	62
Среднее значение, Q _{ср}	179,61	35,74
Коэффициент Cs	0,65	0,99
Коэффициент Cv	0,57	0,58
Отношение Cs/Cv	1,14	2,14
Коэффициент автокорреляции r(1)	0,358	0,067
Средняя ошибка	0,15	0,159
Обеспеченность %:		
1	457	102

Обработка рядов производилась при помощи программного комплекса «БД Гидрорасчеты».

5.3 Расчет максимальных расходов дождевых паводков по формуле предельной интенсивности

Расчет максимальных расходов воды дождевых паводков для малых водосборов площадью менее 200 км² выполнен по формуле предельной интенсивности стока:

$$Q_{p\%} = q'_{1\%} \varphi N_{1\%} \delta \lambda_{p\%} A, \quad (4.7)$$

Для непосредственного расчета составлена таблица исходных морфометрических характеристик объектов водно-эрозионной сети с площадью менее 200 км². Полный объем морфометрических характеристик представлен в приложении Е.

Результаты расчета максимальных расходов по формуле предельной интенсивности представлены в приложении Е.

6 Анализ полученных результатов максимальных расходов

Выполнив расчеты максимальных расходов можно построить график зависимости максимальных расходов от площади водосбора.

Для этого на оси абсцисс наносим полученные максимальные расходы 1% обеспеченности, на ось ординат площадь водосбора. Для лучшей визуализации графика ось площади водосбора применено логарифмическое построение. При этом для определения генезиса максимальных расходов выделяем разными цветами точки в зависимости от происхождения.

Интерполируя между точками получаем 2 кривые зависимости максимальных расходов от площади водосбора.

В связи с наличием широкого массива данных различных по площади мы можем проанализировать генезис максимальных расходов на определенной площади водосбора. Построенные кривые половодья и паводков пересекаются на площади в 150 км². Таким образом, до 150 км² максимальные расходы преимущественно паводочного генезиса, свыше 150 км² – половодного.

Кривые зависимости представлены в приложении Ж.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам обработки рядов наблюдения составлены схемы слоя стока и коэффициента дружности половодья, получены данные для расчета максимальных расходов весеннего половодья и дождевых паводков по редуccionной формуле.

В результате выполненных расчетов построены расчетные кривые зависимости расходов дождевых паводков и весеннего половодья от площади водосбора, которые описывают зависимость роста расходов от увеличения площади водосбора, а также визуально отображает редуccion.

Выполненная работа может быть использована как при расширении сети газопроводов в районе исследований, так и необходимости распространения сети коммуникаций района. При этом показатели зависимости максимальных расходов от площади водосбора говорят о генезисе максимальных расходов и необходимы на первичных стадиях проектирования. Выявленные зависимости могут дать предварительную оценку максимальных расходов воды исходя из площади водосбора.

В дальнейшем данные расчеты могут быть использованы для выполнения гидравлических расчетов и получения уровней затопления заданных вероятностей и расчетов плановых и вертикальных деформаций.