

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Институт наук о Земле

Кафедра грунтоведения и инженерной геологии

**Завершинская Дарья Владимировна**

**Типизация инженерно-геологических условий участков возведения мостовых  
переходов в различных регионах России**

Магистерская диссертация

По направлению 05.04.01 «Геология»

«К ЗАЩИТЕ»

Научный руководитель:

к. г.-м. н. доц. Н.Г. Корвет

\_\_\_\_\_2016  
«\_\_»\_\_\_\_\_

Санкт Петербург

2016

## Содержание

Введение _____	4
Глава 1. Основные представления о формировании и изучении инженерно-геологических условий территорий _____	6
1.1 Инженерно-геологические условия территорий _____	6
1.2 Формирование инженерно-геологических условий территорий _____	7
1.3 Типизация территорий по инженерно-геологическим условиям _____	8
Глава 2. Особенности инженерно-геологической оценки участков возведения мостовых переходов _____	12
2.1. Мостовые переходы как инженерные сооружения _____	12
2.2. Влияние инженерно-геологических условий на участки размещения мостовых переходов _____	14
Глава 3. Инженерно-геологическая оценка рассматриваемых участков возведения мостовых переходов _____	18
3.1 Физико-географическая характеристика участков исследований _____	18
3.1.1 Административное положение _____	18
3.1.2 Рельеф _____	19
3.1.3 Климат _____	21
3.1.4 Гидрография _____	22
3.2 Геологическое строение _____	25
3.2.1 Тектоника _____	25
3.2.2 Стратиграфия _____	29
3.3 Гидрогеологические условия _____	36
3.4 Прогноз развития геологических и природно-техногенных процессов _____	41
3.5 Физико-механические свойства грунтов _____	43
Глава 4. Типизация инженерно-геологических условий участков возведения мостовых переходов _____	57
4.1 Выбор классификационных признаков для типизации инженерно-геологических условий исследуемых участков _____	57
4.2 Типизация инженерно-геологических условий участков возведения мостовых переходов по выбранным классификационным признакам _____	66

Заключение	72
Литература	73
Приложения	78

## Введение

Природные условия конкретной территории определяют обоснование строительства и эксплуатации сооружений в её пределах. Они формируют строение и развитие верхней части литосферы, являющейся главным объектом изучения инженерной геологии, и применительно к целям строительной практики именуется, как «инженерно-геологические условия (ИГУ)», которые на различных участках территории, могут быть практически идентичными или различаться по одному или нескольким признакам. Их оценка даёт возможность решать задачи, связанные, прежде всего с построением схем организации и методики инженерно-геологических исследований. Необходимая характеристика всей территории в целом и отдельных её частей, возможна на основе их инженерно - геологической типизации – выявления главного, существенного, обобщающего оценку их ИГУ (Ломтадзе, 1977). Для её выполнения производится выбор признаков, по которым участки будут характеризоваться определёнными типичными особенностями ИГУ с учетом требований конкретных видов строительства.

Типизация инженерно-геологических условий территории, является важным этапом при её оценке и предполагает выделение участков, каждый из которых характеризуется конкретным набором факторов, сформировавшихся в процессе геологического развития территории и определяющих их взаимодействие с сооружением с целью его возведения и эксплуатации. Выполненная инженерно-геологическая типизация, является необходимым этапом исследований, позволяющим перейти к картографированию и комплексной характеристике выделенных категорий инженерно-геологических условий (ИГУ)

Целью данной работы являлось обоснование инженерно - геологической типизации участков возведения мостовых переходов в различных регионах России.

Исходя из поставленной цели, были поставлены следующие задачи:

- изучить вопросы, рассматривающие особенности инженерно-геологических условий территории, принципы их инженерно-геологического районирования и типизации;
- рассмотреть специфические особенности мостовых переходов как инженерных сооружений;

- дать оценку инженерно-геологических условий участков изысканий в Ленинградской, Псковской, Московской, Калининградской областях, Республики Дагестан и Башкортостан.

- осуществить инженерно-геологическую типизацию исследуемых объектов и дать характеристику выделенных районов;

При написании магистерской работы использованы материалы, полученные в результате инженерно-геологических изысканий, проводимых ООО «Проект-Строй», в которых автор принимала участие в 2015-2006 г.

Выражаю огромную благодарность моему научному руководителю Корвет Н.Г. за помощь в написании магистерской диссертации, также заведующему кафедрой «грунтоведения и инженерной геологии» Зайончеку В.Г. и всему преподавательскому составу кафедры за базовые знания, которые я получила за шесть лет обучения.

Особую благодарность выражаю Мазуровой И.В. (начальник отдела инженерных изысканий ООО «Проект-Строй») за возможность прохождения моей производственной практики в этой организации в 2015 году и за предоставленные материалы инженерно-геологических изысканий для проектирования капитального ремонта мостовых переходов в различных регионах России.

# **Глава 1. Основные представления о формировании и изучении инженерно-геологических условий территорий**

## **1.1 Инженерно-геологические условия территорий**

Под инженерно-геологическими условиями (ИГУ) территории следует понимать всю совокупность природных геологических условий, которые определяют планирование размещения на них различных видов строительства, рациональное использование этих территорий, выбор районов и мест расположения различных сооружений, устойчивость и нормальную их эксплуатацию, и условия производства строительных и горных работ. ИГУ слагаются из отдельных природных элементов, которые в значительной степени взаимосвязаны. Это: особенности строения рельефа, геологическое строение, гидрогеологические условия, геологические процессы и явления, инженерная деятельность человека. При оценке ИГУ территории необходимо учитывать комплексное влияние всех этих элементов (Ломтадзе, 1978).

ИГУ могут отличаться неоднородностью и изменчивостью. Поэтому рациональная система инженерных изысканий должна соответствовать природным условиям, т.е. обеспечивать возможность выявления и изучения их неоднородности и изменчивости и позволять по признакам сходства и различия выделять отдельные однородные участки с определенным рельефом, геологическими образованиями, процессами и явлениями, оценивать условия строительства на них сооружений, рационально использовать геологическую среду и разрабатывать способы её охраны (Бондарик, 1971).

Неоднородность и изменчивость ИГУ той или иной территории могут быть обусловлены неоднородностью и изменчивостью форм рельефа, геологического строения, состава, состояния и свойств горных пород, распространения подземных вод и геологических процессов. В неоднородной среде при выделении разного рода объектов, процессов и явлений необходимо учитывать их важнейшие особенности, существенно определяющие их индивидуальность и оценку в инженерном аспекте. Неоднородность инженерно-геологических условий может иметь закономерный и незаконномерный или, точнее, условно незаконномерный характер проявления в пространстве и во времени. Именно неоднородность и изменчивость инженерно-геологических условий территории определяют сложность условий строительства на них сооружений, методику инженерно-геологических исследований и т.д. В целом,

инженерно-геологические условия территории отличаются большой неоднородностью (Трофимов, 1989).

При установлении категории сложности ИГУ по совокупности факторов, различают три категории территорий: с простыми условиями, средней сложности и сложные (Приложение 1, Таблица 1).

## **1.2 Формирование инженерно-геологических условий территорий**

Как было отмечено выше, основными природными элементами ИГУ территории являются геологическое строение, рельеф, гидрогеологические условия, природные и техногенные процессы. При изучении закономерностей формирования ИГУ территории необходимо рассматривать роль каждого из перечисленных элементов в этом процессе. (Захаров, 1980).

Важнейшим элементом ИГУ территории являются горные породы, которые участвуют в её геологическом строении. Они определяют характер рельефа; в горных породах содержатся подземные воды, в них происходят геологические процессы и явления. Горные породы служат естественным основанием, средой или строительным материалом для различных сооружений. В связи с этим, при оценке инженерно-геологических условий территории в первую очередь необходимо рассмотреть закономерности распространения на них горных пород, различающихся составом, строением, свойствами.

Современное состояние изученности природы физико-механических свойств горных пород показывает, что их инженерно-геологический облик сформировался под воздействием сложных процессов, определяющим среди которых является тектонический режим. Под воздействием тектонических сил горные породы подвергаются деформациям, которые вызывают различные изменения горных пород, в результате чего может изменяться их структура, текстура, упругость, хрупкость, вязкость, твердость. В связи с этим, при оценке ИГУ территории необходимо учитывать её принадлежность к той или иной тектонической структуре (платформе, горно-складчатой области, краевым или межгорным прогибам), что будет определять степень сложности ее ИГУ. Роль тектоники и особенно новейших и современных тектонических движений значительно велика в формировании всех элементов ИГУ; по существу, формирование всех этих элементов управляется ходом тектонического развития земной коры. Важное значение в формировании ИГУ имеют унаследованные или возникшие вновь неотектонические движения, в результате которых образовались основные формы

современного рельефа, определяющего распределение поверхностных и подземных вод, растительного и животного мира, развитие и интенсивность современных геологических процессов (Голодковская, 1981).

Значительное влияние на формирование ИГУ оказывают гидрогеологические особенности территорий. В связи с этим, необходимо исследование условий формирования и залегания подземных вод, их химический состав, агрессивность, коррозионные свойства, положение гидрогеологических водоразделов, областей питания и разгрузки, направление стока вод (Кирюхин, 2004).

Роль геологических и техногенных процессов в формировании ИГУ территорий проявляется в образовании и разрушении горных пород, в изменении их физического состояния и условий залегания, в формировании и изменении рельефа земной поверхности, строения земной коры и внутренней структуры Земли в целом. Распространение различных геологических процессов определяется климатическими, географическими условиями, особенностями рельефа, распространением определенных комплексов горных пород и расположением тектонических структур.

При оценке формирования ИГУ территории нельзя не учитывать также искусственные факторы, связанные с инженерной и хозяйственной деятельностью человека, так как в настоящее время влияние производственной деятельности человека на геологическую среду по своим масштабам и результатам достигло значений, соизмеримых с природными геологическими процессами.

Как можно судить из выше изложенного, закономерности формирования и изменения ИГУ определяются в значительной степени геологической историей территорий в новейшее и современное геологическое время. Ведущими в этом процессе являются новейшие и современные тектонические движения, обуславливающие современный рельеф поверхности; развитие геологических процессов и явлений; распространение различных групп горных пород в приповерхностных горизонтах земной коры, условия их залегания, вещественный состав, физическое состояние и свойства; распространение, условия залегания, запасы и ресурсы подземных вод.

### **1.3. Типизация территорий по инженерно-геологическим условиям**

Типизация территорий выполняется при региональных инженерно-геологических исследованиях. Под региональным инженерно-геологическим исследованием понимается комплексное геологическое изучение какой-либо территории, направленное на решение задач, связанных с проектированием и

строительством различных сооружений и нормальных условий их эксплуатации. Конечная цель такого исследования – принятие оптимальных решений для выбора мест расположения сооружения в конкретных инженерно-геологических условиях. Для принятия этих решений и проводится типизация территорий по инженерно-геологическим условиям с целью обособления этих территорий по определённым признакам по совокупности факторов. При этом производится выявление главного, существенного, обобщающего оценку их инженерно-геологических условий.

В каждом конкретном случае рассматриваемая территория или ее часть характеризуются определенными качествами, типичными особенностями инженерно-геологических условий, которые можно отобразить на геологической колонке, разрезе, схеме. Это имеет особое значение, когда, например, на трассе какого-то линейного сооружения выделяется несколько или много групп участков одинаковых или сходных по тем или иным главным, существенным признакам. На основе проведённых исследований для каждой такой группы участков можно составлять одну типичную геологическую колонку, один геологический разрез, одну схему, которые в совокупности будут отображать общие существенные их черты. Если участков аналогичных по инженерно-геологическим условиям несколько или много, то построенные геологические колонка, разрез или схема будут являться для них типовыми. Это и подразумевает типизацию районов или участков по инженерно-геологическим условиям. В результате, возможно унифицировать методику инженерных изысканий на типовых участках, методику оценки и прогноза их инженерно-геологических условий, использовать методы аналогий, лучше решать задачи рационального использования территорий и их охраны. Также, типизация территорий позволяет применять определенные комплексы защитных инженерных мероприятий при развитии разнообразных геологических процессов и явлений. Результатом региональных исследований является обобщение, схематизация инженерно-геологических условий, чтобы показать наиболее главное и существенное. Такое целесообразное обобщение для больших или значительных территорий и их частей представляет собой типизацию, а для строительной площадки или ее частей – построение расчётной схемы (Ломтадзе, 1978).

В практике работ типизация инженерно-геологических условий в наиболее полной, законченной форме осуществляется при типологическом и оценочном районировании. При этом типизация условий выступает как важнейший необходимый этап исследований, позволяющий перейти к картографированию и комплексной характеристике выделенных категорий инженерно-геологических условий (Трофимов, 2008).

Многие авторы, изучающие проблему «типизация», вкладывают несколько разный смысл в это понятие. Наиболее определенно содержание понятий со словом «типизация» подчеркнули в своих работах Е.М. Сергеев, Г.А. Сулакшина, Т.Я. Емельянова, Г.Л. Кофф и Е.Н. Коломенский. В частности, Е.М. Сергеев писал: «под инженерно-геологической типизацией территории понимается выделение на ней отдельных частей, которые соответствуют определенным, заранее установленным типам регионов, характеризующимся наиболее общими и существенными признаками инженерно-геологических условий. Такой подход при инженерно-геологическом изучении территории иногда называется типологическим». Аналогичной позиции по существу придерживается Г.А. Сулакшина, которая под инженерно-геологической типизацией понимает «обособление в пространстве в пределах верхней части литосферы территорий, представляющих собой единую динамическую систему взаимосвязанных и взаимообусловленных природных факторов, что определяет общность требований к территории при ее хозяйственном освоении». Несколько иной смысл рассматриваемого понятия принят Г.Л. Коффом и Е.Н. Коломенским: «типизация – это целенаправленная схематизация инженерно-геологических условий и выделение в пределах любых территориальных таксономических единиц специфических участков, характеризующихся одинаковостью основных инженерно-строительных решений в рамках заданного вида строительства» (Ипатов, 2007).

Несмотря на различие толкования данного понятия, его содержание можно определить следующим образом. Типизация инженерно-геологических условий (обстановок) – это выявление и целенаправленное выделение типов инженерно-геологических обстановок, свойственных изучаемой территории. Типизация инженерно-геологических условий может быть общей, когда учитываются все факторы инженерно-геологической обстановки, и специальной, когда анализируются существенные для данного вида строительства факторы. Таким образом, типизация, как действие, представляет собой процесс выявления и выделения различных типов инженерно-геологических условий изучаемой территории в соответствии с задачами исследований.

При осуществлении типизации инженерно-геологических условий, как и любого другого исследуемого объекта, осуществляется ряд последовательных действий: определение границ объекта исследований – его изучение – выбор классификационных признаков – деление исследуемого объекта по принятым признакам – построение итоговой классификационной схемы (схемы типизации) инженерно-геологических обстановок.

Понятие «типизация» не следует смешивать с понятием «классификация». Как показано выше, типизация – это выделение участков или групп участков по признакам, присущим каждому из них. Классификация – это разделение территорий (или явлений) на участки или группы участков, взаимосвязанные классы в зависимости от их общих признаков, причем каждый класс в классифицируемой системе занимает определенное место; например, при районировании территорий по степени закарстованности, сейсмичности и другим признакам (Ломтадзе, 1978).

## Глава 2. Особенности инженерно-геологической оценки участков возведения мостовых переходов

### 2.1. Мостовые переходы как инженерные сооружения

Для преодоления каждого водного препятствия строят систему сооружений, называемую переходом водотока. Переходы через водотоки классифицируют по типам искусственных сооружений: мост – сооружение, проводящее дорогу над водным препятствием; тоннель – сооружение, проводящее дорогу под водным препятствием; фильтрующая дамба – сооружение, пропускающее воду через пористую кладку.

Наибольшее распространение получили переходы, где в качестве искусственных сооружений применены мосты, поэтому мостовые переходы являются основным видом переходов через водотоки. Мостовой переход – это часть автомобильной или железной дороги, представляющая собой комплекс сооружений, в который входят: мост, пересекающий собственно водоток; подходы к мосту – не переливаемые насыпи с укрепленными откосами, периодически подтапливаемые паводковыми водами; регуляционные и защитные сооружения, предохраняющие мост и подходы к нему от вредного воздействия водного потока (Рис 1)

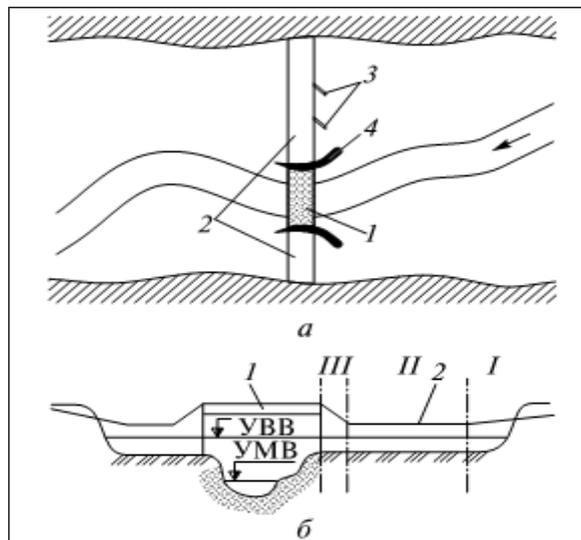


Рис.1 План (а) и продольный профиль (б) мостового перехода: 1- мост; 2- подходы к мосту; 3- струеотбойные траверсы; 4 – струенаправляющие дамбы; I – III- характерные участки продольного профиля.

Мосты состоят из пролётных строений и опор. Опоры мостов воспринимают нагрузки от пролётных строений и передают их на грунты основания через фундаменты

или на воду (в наплавных мостах). Различают промежуточные и крайние (береговые) опоры. Промежуточные опоры воспринимают нагрузки от веса пролётных строений, временных подвижных нагрузок, воздействия льда и ветра. Крайние опоры, являясь устоями, кроме того работают и как подпорные стенки, воспринимая давление от насыпи подходов.

Опоры мостов сооружают обычно из сборного или сборно-монолитного железобетона (Рис.2), а пролётные строения с ездой поверху или понизу делают металлическими, сталежелезными или железобетонными. Опоры мостов фундируют на безопасную глубину с учётом неизбежных понижений отметок дна подмосткового русла (размывов). Проектные высоты проезда по насыпям подходов и пролётам мостов должны обеспечивать мостовой переход от переливов в высокие паводки и беспрепятственный пропуск судов под судоходными пролётами. Насыпи подходов и регуляционных сооружений подвержены воздействию водного потока, поэтому их откосы и подошвы укрепляют специальными защитными сооружениями.

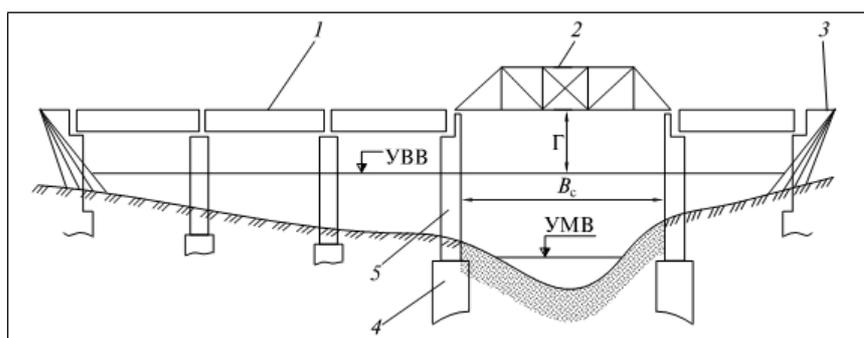


Рис.2 Схема постоянного моста через реку: 1- железобетонное пролётное строение с ездой поверху; 2- металлическое пролётное строение с ездой понизу; 3 – береговой устой; 4 – фундамент опоры; 5 – опора моста; Г – габарит; В<sub>с</sub> – судоходный пролёт.

Таким образом, мосты представляют собой искусственные сооружения, прерывающие земляное полотно дороги; движение транспорта происходит по пролетному строению моста, поддерживающему ездовое полотно и расположенному на опорах, которые передают давление пролетных строений на грунт. Мостовые опоры обычно имеют фундаменты глубокого заложения и передают на основание весьма значительные вертикальные нагрузки; чувствительны даже к ничтожным деформациям. Подъездные насыпи, береговые опоры и регуляционные сооружения размещаются преимущественно на бортах долины и создают как вертикальные, так и касательные напряжения в грунтовом массиве. Помимо статического давления от самого сооружения

при расчетах следует учитывать динамические воздействия от подвижного состава (Федотов, 2010).

## **2.2. Влияние инженерно-геологических условий на участки размещения мостовых переходов**

Специфика мостовых переходов обусловлена неразрывной их связью с речными долинами. Поэтому площадки размещения мостовых переходов обладают следующими инженерно-геологическими особенностями.

*Рельеф* их обычно сложный: коренные склоны долины, террасы разного генезиса, обычно плоская пойма. Поскольку крупные мостовые переходы относятся к долговременным сооружениям, следует учитывать динамику развития речной долины с соответствующими изменениями ее рельефа, состава и свойств пород.

*Геологическое строение* участков мостового перехода, как правило, весьма сложное. Коренные борта с поверхности перекрыты делювиальным чехлом. Дно долины и аккумулятивные надпойменные террасы сложены разнообразными по составу аллювиальными отложениями (русовыми, пойменными, старинными), обычно не выдержанными ни по глубине, ни по простираию. Положение заметно осложняется при наличии переуглубленных участков долины. Под чехлом современных рыхлых песчано-глинистых образований, как на дне долины, так и на ее бортах нередко залегают коренные скальные породы.

*Тектоническое строение* определяет расположение участков мостовых переходов. Долины крупных рек или их отдельные участки часто бывают приурочены к зонам тектонических дислокаций складчатого или разрывного типа. Это обуславливает характер залегания коренных пород и степень их трещиноватости.

*Гидрогеологические условия* связаны с речными долинами, представляющими собой естественные дрены водоносных горизонтов, которые они вскрывают. В свою очередь питание подрусовых горизонтов теснейшим образом связано с речным потоком, поэтому указанные водоносные слои весьма водообильны.

*Геологические процессы* в значительной степени определяют и условия строительства и эксплуатации мостовых переходов. Сложный рельеф, неоднородное геологическое строение, обводненность пород создают благоприятные условия для возникновения и развития разнообразных геологических процессов. Наиболее распространенными среди них являются: оползни, осыпи, обвалы, селевые потоки, карст, суффозия, заболачивание, пывунность, пучение, наледи, термокарст. Каждый из них может возникнуть лишь при определенном сочетании различных природных

факторов: климата, типа рельефа, вещественного состава пород, условий их залегания и степени обводненности, агрессивности подземных вод и т. д. Следует учитывать, что строительство мостового перехода нарушает природное равновесие. Последнее нередко приводит к оживлению старых или возникновению новых геологических процессов,

*Физико-механические свойства пород*, залегающих в пределах участков размещения мостовых переходов, весьма разнообразны. Здесь широко развиты как слабые разности – торф, ил, заторфованные пески, так и прочные скальные породы – гранит, аргиллит, песчаник, известняк и др.

Существуют определенные закономерности изменения в пространстве состава и свойств пород разного вещественного состава и генезиса, но они имеют сложный характер, а в совокупности нередко образуют практически неопределенную систему, весьма трудно поддающуюся инженерно-геологическому прогнозированию.

Учитывая перечисленные особенности, при оценке участка размещения мостового перехода, необходимо учитывать следующее.

Мостовой переход при прочих равных условиях всегда целесообразно располагать там, где он будет иметь наименьшую длину.

Участок долины должен быть прямолинейным, без резких изменений ее ширины и глубины реки. Желательно, чтобы глубина потока и скорость его течения в месте перехода не были чрезмерно большими, выделяющимися на данном участке, а расположение струй по живому сечению потока как при меженных, так и при высоких уровнях воды были равными, т. е. без образования водоворотов, обратных течений, резких изменений направления от одного берега к другому, а также чтобы не образовывались зажоры (большое скопление донного льда) и заторы (нагромождение большого количества льдин во время ледохода). Важно также, чтобы ось мостового перехода располагалась нормально к общему направлению потока при меженных и высоких уровнях и направлению долины реки.

Следует избегать участков с обширными поймами, изрезанными протоками, рукавами, старицами, с глубокими болотами, а также участков, где происходят интенсивный подмыв и размыв берегов и русла реки.

Важнейшее значение при выборе трассы мостового перехода имеет геологическое строение долины на рассматриваемом участке, так как оно определяет тип, условия строительства и устойчивость фундаментов опор моста в целом и его подходов. Поэтому желательно, чтобы участок расположения мостового перехода был сложен однородными горными породами, залегающими в виде горизонтальных слоев, выдержанных по мощности и простиранию, которые могли бы служить надежным

естественным основанием для фундаментов опор. Физическое состояние, прочностные и деформационные свойства этих пород должны обеспечивать устойчивость и долговечность моста и подходов к нему при наименьших затратах сил и средств, без применения дополнительных инженерных мероприятий.

Крайне неблагоприятными являются участки, приуроченные к зонам тектонических разломов. Особую опасность они представляют в сейсмических районах. Участки долин, пересекающие ядра антиклиналей, характеризуются повышенной трещиноватостью скальных пород, которая прослеживается на десятки метров. Особую опасность в данном случае представляют водорастворимые породы, так как создаются весьма благоприятные условия для развития карста.

Осложняет условия строительства и эксплуатации мостовых переходов наличие крупных оползней, обвалоопасных зон. Строительство на закарстованной территории в принципе возможно, если есть уверенность, что динамика развития этого процесса не будет соизмерима со сроком службы данного сооружения.

Необходимым элементом оценки участка является прогноз изменения природной обстановки после завершения строительства, с тем чтобы исключить возможность возникновения инженерно-геологических процессов (активизацию склоновых процессов, локальную деградацию вечной мерзлоты, размыв речных наносов возле мостовых опор и др.).

Мостовые переходы оказывают значительное влияние на геологическую среду. При их возведении живое сечение речного потока в связи с устройством опор нередко уменьшается, а его скорость на этом участке возрастает. Соответственно повышается интенсивность развития, как донной, так и боковой эрозии.

Заложение фундаментов опор в скальном массиве обычно связано со взрывными работами, следствием которых является существенное увеличение трещиноватости пород, что создает благоприятные условия для активизации как физического, так и химического выветривания (особенно, если в массиве присутствуют водорастворимые породы). Возрастает водопроницаемость пород, что приводит к изменению природного режима подземных вод на данном участке.

Подъездные насыпи и береговые опоры обычно существенно изменяют напряженное состояние грунтовой толщи, и если последняя представляет собой делювиальный песчано-глинистый чехол, возможно развитие оползневых процессов.

В том случае, если подходы к мостовому переходу проектируются в выемках, вскрываются значительные толщи как четвертичных (песчано-глинистых), так и коренных (скальных) пород. Это способствует активизации процессов их

выветривания, развитию оползней и осыпей, нарушению природных гидрогеологических условий (Бевзюк, 1989).

## Глава 3. Инженерно-геологическая оценка рассматриваемых участков возведения мостовых переходов

### 3.1 Физико-географическая характеристика участков исследований

#### 3.1.1 Административное положение

В административном отношении исследуемые участки расположены в различных регионах России (Таблица 1).

Таблица 1

Административное положение исследуемых участков

№№	Название объекта	Административное положение
1	Мост через ручей на км 39 автомобильной дороги А-216	Калининградская область, пос. Десантное Черняховского района (автомобильный мост через ручей без названия). км 39+722 автомобильной дороги А-216 Гвардейск – Неман – граница с Литовской Республикой.
2	Мост через реку Неман	Калининградская область. Мост королевы Луизы – пограничный автомобильный мост через реку Неман, соединяющий Советск (Калининградская область Российской Федерации) и Панемуне (Литва). км 61+188 автомобильной дороги А-216 Гвардейск – Неман до границы с Литовской республикой
3	Мост через Восточный пролив	Ленинградская область, г.Выборг км 144+623 автомобильной дороги А-181 «Скандинавия» Санкт-Петербург – Выборг – граница с Финляндской Республикой, Ленинградская область.
4	Мост через реку Сулак	Республика Дагестан, Бабаюртовский район. км 444+550 автомобильной дороги Р-215 Астрахань-Кочубей-Кизляр-Махачкала.
5	Мост через канал Самур-Дербент	Республика Дагестан, Дербентский район, вблизи села Куллар. км 962+640 автомобильной дороги Р-217 «Кавказ» автомобильной дороги М-4 «Дон» Владикавказ – Грозный – Махачкала – граница с Азербайджанской Республикой
6	Мост через реку Нугуш	Республика Башкортостан, Туймазинский район. км 1345+613 автомобильной дороги М-5 «Урал»

		Москва – Рязань – Пенза – Самара – Уфа - Челябинск
7	Мост через реку Радомля	Московская область, Солнечногорский район. км 47+335 автомобильной дороги М-10 «Россия» Москва – Тверь – Великий Новгород – Санкт-Петербург.
8	Мост через реку Плюсса	Псковская область. Плюсский район. км 193+070 автомобильной дороги Р-23 Санкт-Петербург - Псков – Пустошка – Невель - граница с Республикой Белоруссия.
9	Мост через реку Великая	Псковская область. Пушкиногорский район. км 335+200 автомобильной дороги Р-23 Санкт-Петербург - Псков – Пустошка – Невель - граница с Республикой Белоруссия.

### 3.1.2. Рельеф

*Мост через ручей на км 39+722 автомобильной дороги А-216.* В геоморфологическом отношении участок приурочен к Нижненеманской низменности. Рельеф характеризуется плоскими и слабоволнистыми озерно-ледниковыми равнинами. Абсолютные отметки поверхности земли прилегающей территории по данным высотной привязки устьев скважин изменяются от 4,7 до 7,20 м.

*Мост через реку Неман.* В геоморфологическом отношении участок приурочен к Нижненеманской низменности. Холмистый рельеф конечной морены. Абсолютные отметки поверхности земли прилегающей территории по данным высотной привязки устьев скважин изменяются от 5,51 до 11,15 м. Склоны долины везде асимметричны – на одних участках более высоким является правый, на других – левый берег. Дно песчаное.

*Мост через Восточный пролив.* В геоморфологическом отношении участок изысканий приурочен к Выборгской низменности Балтийского щита. Большая часть района входит в Балтийско-Ладожский ландшафтный округ. Абсолютные отметки по устьям скважин изменяются от 6,30 - 6,72 м. Прилегающая местность представляет собой слабоволнистую, на отдельных участках всхолмлённую, местами заболоченную равнину. Вдоль трассы часто наблюдаются отдельные валуны и их скопления, на некоторых участках трассы наблюдаются выходы раннепротерозойских пород на поверхность.

*Мост через реку Сулак.* В геоморфологическом отношении участок приурочен к низменной равнине западного побережья Каспийского моря. Абсолютные отметки поверхности земли прилегающей территории по данным высотной привязки устьев скважин изменяются от (-30,2) до (-21,0) м.

*Мост через канал Самур-Дербент.* В геоморфологическом отношении участок приурочен к низменной равнине западного побережья Каспийского моря. Абсолютные отметки поверхности земли прилегающей территории по данным высотной привязки устьев скважин изменяются от 47,6 до 51,0 м.

*Мост через реку Нугуш.* Район расположен на востоке Русской платформы, на западном склоне Северо-Восточно-возвышенности. Территория Туймазинского района находится в пределах Южно-Татарского свода, с тектоникой которого связан его рельеф. Находящаяся на своде Бугульминско-Белебеевская возвышенность представляет собой водораздельный массив между бассейнами рр. Белая, Кама и Волга. Ее рельеф сильно расчленен, с плоской столообразной или волнисто-холмистой поверхностью. Абсолютные отметки поверхности земли в пределах участка изысканий изменяются от 191,0 до 194,4.

*Мост через реку Радомля.* В геоморфологическом отношении участок изысканий приурочен к Смоленско-Московской моренной возвышенности. Участок изысканий относится к холмистой моренной равнине московского оледенения. Абсолютные отметки поверхности земли по данным высотной привязки устьев скважин изменяются от 187,1 м до 188,5 м. На участке изысканий ширина русла Радомля 14,6 м. Рельеф участка изысканий техногенно изменен трассой автодороги.

*Мост через реку Плюсса.* В геоморфологическом отношении участок приурочен к Прибалтийской низменности. С точки зрения возраста и морфологии участок изысканий относится к проксимальной зоне провинции ледникового и водно-ледникового рельефа ошашковского оледенения, лужской стадии. Абсолютные отметки поверхности земли по данным высотной привязки устьев скважин изменяются от 54,1 м до 58,0 м. На участке изысканий ширина русла реки 9,3 м. Рельеф участка изысканий техногенно изменен трассой автодороги.

*Мост через реку Великая.* В геоморфологическом отношении участки изысканий приурочены к Бежаницкой возвышенности. Абсолютные отметки поверхности земли по данным высотной привязки устьев скважин изменяются от 52,60 м до 55,50 м. На участке изысканий ширина русла реки 120-123 м. Рельеф участка изысканий техногенно изменен трассой автодороги.

На основе данных, полученных при изысканиях и использовании литературных источников составлена таблица, в которой отражены основные особенности рельефа каждого участка (Приложение 2, Таблица 2).

### **3.1.3 Климат**

Рассматриваемые участки изысканий мостовых переходов расположены в различных климатических зонах, в связи с чем характеризуются различными показателями климатических условий.

Участки мостовых переходов через ручей и реку Неман находятся в Калининградской области, которая расположена в переходной зоне между западно-европейским морским климатом и евро-азиатским континентальным. На формирование климата данной территории исключительное влияние оказывают морские воздушные массы, поступающие с Атлантического океана. Рассматриваемые участки работ относятся к зоне избыточного увлажнения. Это объясняется сравнительно небольшим приходом тепла и хорошо развитой здесь циклонической деятельностью, которая проявляется во все сезоны года.

Мост через Восточный пролив расположен в Ленинградской области, и находится под воздействием морских атлантических и континентальных воздушных масс умеренных широт, частых вторжений арктического воздуха и активной циклонической деятельности. В результате формируется климат, близкий к морскому, основными особенностями которого являются большая относительная влажность воздуха в течение всего года, относительно короткое умеренно теплое и влажное лето и довольно продолжительная умеренно холодная зима с частыми оттепелями.

Участки, расположенные на реке Сулак и канале Самур-Дербент расположены в Республике Дагестан. Климат республики переходный от умеренного к субтропическому. Количество осадков распределяется по территории очень неравномерно. В первую очередь это зависит от условий рельефа. Летние ливни и дожди бывают сильными и продолжительными. В результате понижается температура, «вспухают» реки, снося мосты и размывая тропы, сходят мощные сели.

Мост через реку Нугуш располагается в Республике Башкортостан, главными климатообразующими факторами которого, являются количество солнечной радиации, положение относительно постоянно действующих барических центров, циркуляция атмосферных воздушных масс и характер подстилающей поверхности. Также на формирование климата влияние оказывают большая удаленность от морских акваторий,

наличие меридионально направленных хребтов Башкирского Урала. В зависимости от вышеперечисленных факторов здесь формируется умеренно - континентальный климат с холодной зимой, теплым летом и средним увлажнением.

Мост через реку Радомля находится в Московской области. Климат района умеренно-континентальный, с умеренно теплым летом, холодной зимой, короткой весной и облачной, часто дождливой осенью. Периодически бывают засухи и суховеи. Осень холодная, дождливая, с конца сентября бывают заморозки. Осадки выпадают преимущественно в виде обложных морозящих дождей, реже снега, иногда с туманами.

Участки, расположенные на реках Плюсса и Великая находятся в Псковской области, которая расположена в умеренном климатическом поясе между 55° и 59° северной широты. Климат области можно охарактеризовать как умеренно-континентальный, влажный, смягченный близостью Атлантического океана. Последнее обстоятельство определяет расположение области на границе зоны переходного климата - от морского к континентальному.

На основе данных, полученных при изысканиях и использовании литературных источников составлена таблица, в которой отражены основные особенности климатического режима каждого участка (Приложение 3, Таблица 3).

### **3.1.4 Гидрография**

*Мост через ручей.* Гидрографическая сеть рассматриваемой территории, в пределах которой расположен участок мостового перехода через ручей принадлежит к бассейну Балтийского моря. Питание ручья, смешанное – снеговое и дождевое. Ручей без названия является протокой реки Прямая и ответвляется от реке в районе лесного массива вблизи пос. Десантное, в дальнейшем снова впадает в реку Прямая. Окружающая местность равнинная. Правый берег и пойма заняты травянистой растительностью, левая – древесно-кустарниковой растительностью. Долина ручья не выражена, русло теряется в траве, занято влаголюбивой растительностью. Сток в ручье в период проведения изысканий отсутствовал, под пролётом моста находилась лужа, глубиной до 0,15 м. Сток в ручье образуется во время снеготаяния и при прохождении дождевых паводков. В меженный период ручей пересыхает, в зимний – перемерзает. Толщина льда определяется уровнем воды, оставшейся под мостовым сооружением в зимний период и составляет 0,1 – 0,2 м.

*Мост через реку Неман.* Гидрографическая сеть рассматриваемой территории, в пределах которой расположен участок мостового перехода через р. Неман принадлежит

к бассейну Балтийского моря. Река Неман относится к равнинному типу со смешанным питанием. Долина реки пойменная. Левый склон ее крутой, высотой до 15 м, поросший кустарником, сложен песчаными и супесчаными грунтами, правый пологий постепенно сливающийся с окружающей местностью. Пойма на участке правобережная, луговая. Русло реки слабоизвилистое, песчано-илистое, деформирующееся. На участке реки выше по течению от створа перехода образуются заторы и зажоры льда. Режим реки сложный, приближающийся к паводковому, для которого характерны весеннее половодье, а также летние, осенние и зимние паводки, которые наблюдаются практически ежегодно. Весеннее половодье начинается в середине марта и продолжается около двух месяцев. Подъем уровня воды в половодье составляет в среднем 2-5 м. В период весеннего половодья происходит затопление поймы. Летне-осенняя межень и продолжается около 4 месяцев. Зимняя межень, подобно летней, почти ежегодно во время оттепелей нарушается паводками, превышающими по высоте максимальные уровни летних паводков. Наивысший уровень воды р. Неман составил 765 см (1994г.). Уровень воды выхода на пойму 462 см. Наивысший уровень при ледоходе обеспеченностью 1 % составляет – 745 см (9,35 м БС), 2% - 735 см. Наинизший наблюдаемый уровень периода открытого русла 25 см.

*Мост через Восточный пролив.* Гидрографическая сеть рассматриваемой территории, в пределах которой расположен участок мостового перехода принадлежит к бассейну Балтийского моря. Берега сильно изрезаны. Рельеф дна неровный. Дно характеризуется обилием валунов, каменистых банок и рифов. Гидрологический режим Восточного пролива обусловлен его географическим положением, климатическими особенностями района и затруднённой водообменом с Финским заливом. Уровень воды может заметно колебаться, по причине динамики речного стока и ветрового нагона, однако процессы самоочищения весьма замедлены. Режим уровня моря, в значительной степени, определяется сгонно-нагонными колебаниями. Наиболее высокие уровни отмечаются в осенне-зимний период, низкие – в апреле-мае. В районе расположения моста южный берег Восточного пролива представляет собой набережную с облицованной стенкой, высотой 1,5 – 1,6 м относительно уреза воды, северный берег представляет собой крутой берег, обвалованный камнями. Высота берега относительно уреза воды составляет 0,7 – 0,8 м.

*Мост через реку Сулак.* Гидрографическая сеть рассматриваемой территории, в пределах которой расположен участок мостового перехода принадлежит к бассейну Каспийского моря. Современная аллювиальная терраса, сложена, в основном, галечно-

песчаными отложениями. Ширина поймы 0,5-1 км. Высота поймы 1-4 м над дном реки. Поверхность поймы сильно изрезана старицами, поросла кустарником.

Основной фазой режима реки является высокое весенне-летнее половодье. За период половодья (апрель-сентябрь) проходит обычно около 80-90% годового объема стока. Наиболее многоводной река бывает в июне-августе. В течение этих месяцев проходит примерно половина объема годового стока. Минимальные расходы наблюдаются в декабре – марте, когда река переходит на подземное питание. Постоянный ледовый покров на реке Сулак не образуется, ледостав и ледоход отсутствует. В течение года уровни изменяются мало.

*Мост через канал Самур-Дербент.* Гидрографическая сеть рассматриваемой территории, в пределах которой расположен участок мостового перехода принадлежит к бассейну Каспийского моря. На участке изысканий канал проложен в земляном русле и подвержен зарастанию и размыву берегов. Дно покрыто илистыми отложениями. В зимний период в канале ледовые явления не образуются вследствие высоких скоростей течения в течение всего года и относительно высоких температур воздуха в зимний период.

*Мост через реку Нугуш.* Гидрографическая сеть рассматриваемой территории, в пределах которой расположен участок мостового перехода через принадлежит к бассейну Каспийского моря. Гидрологическая сеть района изысканий принадлежит бассейну р. Ик. Русло реки извилистое, течение быстрое. Ширина колеблется от 0,5 м до 10 м, глубина 0,3 – 1,0 м. Дно реки илисто-гравийно-песчаное. Берега реки пологие, покатые. Пойма в самых широких местах достигает до 500м. Летом река Нугуш сильно мелеет.

*Мост через реку Радомля.* Гидрографическая сеть рассматриваемой территории, в пределах которой расположен участок мостового перехода принадлежит к бассейну Балтийского моря. Русло реки на участке изысканий извилистое, очертания русла повторяют очертания долины реки (на участке моста река поворачивает). Течение спокойное, средняя скорость течения составила 0,5 м/с. Ширина русла в створе перехода составляет 6 м. Максимальная глубина составляет 1,42 м. Уровень высоких вод составляет 2,0 – 2,5 м (по отметкам на опорах моста, относительно уровня воды в период проведения полевых работ), в половодье разлив реки занимает всё подмостовое пространство.

*Мост через реку Плюсса.* Гидрографическая сеть рассматриваемой территории, в пределах которой расположен участок мостового перехода принадлежит к бассейну Балтийского моря. Долина реки выражена неявно. Окружающая местность равнинная,

занята луговой и древесно-кустарниковой растительностью. Поймы реки низкие, заболоченные. Берега пологие, покрыты травянистой растительностью, спускающейся в воду. Русло реки на участке изысканий извилистое, очертания русла повторяют очертания долины реки (на участке моста река поворачивает). Течение относительно быстрое, средняя скорость течения составила 0,65 м/с. Ширина русла в створе перехода составляет 13,5 м. Максимальная глубина составляет 1,82 м, средняя глубина составляет 1,05 м. Расход воды в створе перехода составил 31 м<sup>3</sup>/с. Уровень высоких вод составляет 1,5 – 2,0 м (по отметкам на опорах моста, относительно уровня воды в период проведения полевых работ), в половодье разлив реки занимает всё подмостовое пространство. Цвет воды – бурый. Дно песчаное, илистое. Подмыв берегов и эрозионные процессы по берегам проявляются незначительно, вследствие задернованности берегов. В период проведения полевых работ (10.06.2015 г.) уровень воды в створе перехода составил 54,68 м БС.

*Мост через реку Великая.* Река Великая протекает по территории Псковской области, впадает в Псковское озеро, относится к бассейну реки Нарва и далее к бассейну Балтийского моря. Весеннее половодье начинается, как правило, в последней декаде марта. Пик половодья проходит обычно в первой декаде апреля. Высота подъема весеннего половодья над меженным уровнем достигает 6-8м. Заканчивается половодье в конце апреля. Наивысший уровень воды р. Великая составил 899 см (2004,1983 г.). Наивысший уровень при ледоходе обеспеченностью 1 % составляет – 1009 см (53,52 м БС), 2% - 986 см (53,29 м БС). Наинизший наблюдаемый уровень периода открытого русла составил 155 см (2002 г.), в период зимней межени – 169 см (1975 г.). Уровень средней межени за зимний период - 244 см., за летне-осенний период – 188 см.

Ширины рек в местах створов мостовых переходов приведены в таблице особенностей геоморфологических условий участков (Приложение 2, Таблица 2).

## **3.2 Геологическое строение**

### **3.2.1 Тектоника**

В тектоническом отношении исследуемые участки расположены в пределах Русской платформы (7 участков – мосты через ручей, Восточный пролив, реки Неман, Нугуш, Радомля, Плюсса, Великая) и альпийской складчатой системы (2 участка – мосты через реку Сулак и канал Самур-Дербент).

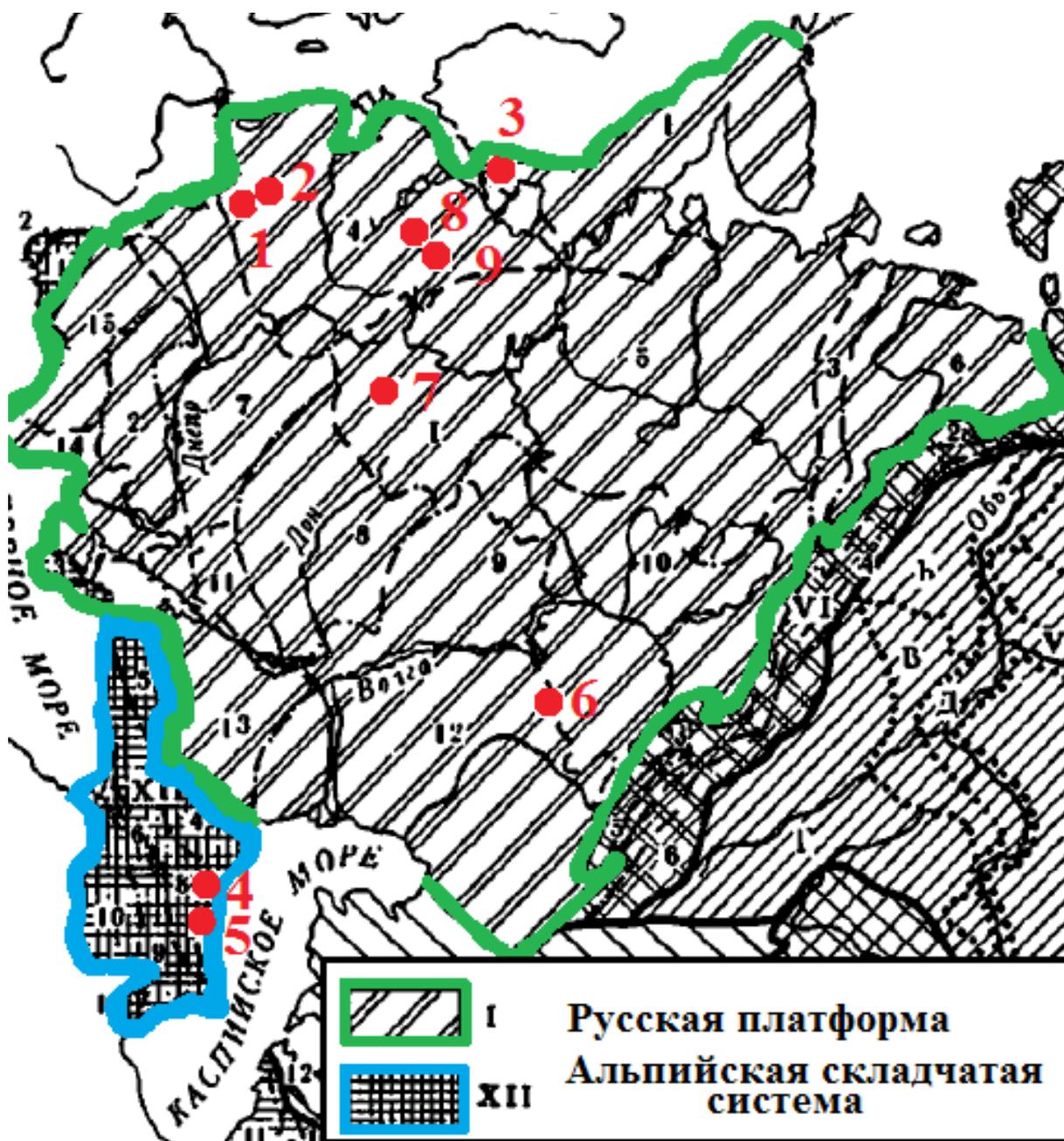


Рис. 3 Схема инженерно-геологического районирования территории СССР, с дополнениями (Инженерная геология СССР, том 1)

Русская, или Восточно-Европейская, платформа обладает двухъярусной тектонической структурой, она состоит из фундамента, который, в основном, сложен сильнодеформированными метаморфизованными и гранитизированными породами архейского и раннепротерозойского возраста и резко несогласно перекрывающего его платформенными отложениями верхнего протерозоя (рифей и венд) и фанерозоя (Милановский, 1996). Таким образом, возраст платформы эпираннепротерозойский, так как определяется по положению древнейшего чехла. Осадочный чехол подразделяется на ряд структурных этажей, отвечающих крупным этапам геологической истории платформы: байкальскому, каледонскому, герцинскому и киммерийско-альпийскому.

(Инженерная геология СССР, Том 1). В истории формирования платформенного чехла выделяются две существенно различные стадии. Первая (рифей и венд) характеризуется образованием глубоких и узких грабенообразных впадин – авлакогенов, которые заполнены слабо метаморфизованными, а иногда и дислоцированными отложениями. Возникновение узких впадин предопределялось сбросами и структурным рисунком наиболее молодых складчатых зон фундамента. Такой процесс сопровождался довольно энергичным вулканизмом. А. А. Богданов предложил именовать эту стадию развития платформы авлакогенной, а отложения, сформировавшиеся в это время, выделять в нижний этаж платформенного чехла. Надо заметить, что большинство рифейских авлакогенов продолжало "жить" и в фанерозое, подвергаясь складчатым надвиговым и глыбовым деформациям, а местами проявлялся и вулканизм. Вторая стадия началась во второй половине венда и сопровождалась существенной тектонической перестройкой, выразившейся в отмирании авлакогенов и формировании обширных пологих впадин – синеклиз, развивавшихся на протяжении всего фанерозоя. Отложения второй стадии, которую в целом можно назвать плитной, образуют верхний этаж платформенного чехла (Богданов 1964)

Московская область расположена в центральной части Русской платформы. Здесь сопрягаются две структуры первого порядка: Московская синеклиза, Пачелмский прогиб. В геологическом строении выделяются пять структурных этажей. Первый представлен сильно дислоцированными метаморфическими, магматическими породами среднего и нижнего протерозоя и архея. Для второго характерны осадочные породы вердского комплекса и рифея. Третий представлен осадочными породами силура, ордовика, кембрия. Четвертый сложен осадочными породами нижнего триаса, пермской, каменноугольной и девонской систем. И пятый представлен осадочными породами кайнозоя и мезозоя (Гидрогеология СССР, Том 1).

Ленинградская и Псковская области приурочены к двум крупным структурно-тектоническим областям: к области погруженной части южного и юго-восточного склона Балтийского кристаллического щита и к борту Московской синеклизы. Поверхность фундамента имеет общее пологое погружение на юго-восток под углом 12-15'. Довольно широко распространены куполовидные структуры и валлообразные поднятия в палеозойских породах. Тектонические движения, имевшие место на территории Северо-Запада, обусловили развитие региональной трещиноватости в палеозойских породах. Наиболее интенсивная трещиноватость развита в известняках ордовика. Также закономерная вертикальная трещиноватость предположительно тектонического происхождения отмечается в карбонатной толще верхнего девона по

рекам Великой, Керести, а также ниже- и среднекаменноугольных известняках Восточного Прионежья. Преобладающее направление трещин северо-восточное и северо-западное, ширина их редко достигает 2-5 см. Трещины встречаются открытые, так и заполненные глинистым веществом. В пределах всей территории широкое развитие имеет гляциотектоника, в основном приуроченная в уступам поверхности. Нарушения эти проявились в смятии пород в мелкие складки, часто с разрывами слоев и с интенсивной раздробленностью пород, а также в наличии оторженцев коренных пород, встречающихся как на поверхности, так и на глубине (Гидрогеология СССР, том 3).

В тектоническом отношении Калининградская область расположена в наиболее погруженной части Балтийской синеклизы. Глубина залегания кристаллического основания увеличивается с востока на запад по мере погружения восточного крыла синеклизы (Гидрогеология СССР. Том 45).

Территория Башкирии расположена в пределах крупных геологических структур: Волго-Уральская антеклиза, Предуральский передовой прогиб, Западно-Уральская внешняя зона складчатости, Центрально-Уральское поднятие, Тагило-Магнитогорский прогиб. Различные условия развития этих структур обуславливают сложную картину распределения горных пород различного состава, возраста и генезиса, а также типов дислокаций (Гидрогеология СССР. Том 15)

*Мосты через ручей и реку Неман, Радомля, Нугуш, Плюсса, Великая, Восточный пролив.* Интенсивность сейсмических воздействий в баллах (сейсмичность) для районов строительства принята по СП 14.13330.2011 на основе комплекта карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации - ОСР-97. Сейсмичность района: по карте А (10%) - 5 баллов, В (5%) - 5 баллов, С (1%) - 5 баллов. (Приложение 4, рис.1, 2, 3) (СП 14.13330.2014 Строительство в сейсмических районах).

Территория Кавказа характеризуется свойственными горно-складчатыми областями, с большим разнообразием геологических формаций от допалеозоя до четвертичного времени, их интенсивной тектонической нарушенностью, многообразием геоморфологических форм, активной неотектоникой и современной сеймотектоникой (Инженерная геология СССР, том 8). В тектонической структуре Альпийской складчатой системы, относящейся к Кавказу, выделяют 5 главных продольных зон: зона Предкавказских краевых прогибов, мегантиклинорий Большого Кавказа, зона Закавказских срединных массивов и внутренних (межгорных) впадин, мегантиклинорий Малого Кавказа и Среднеараксинский внутренний (межгорный)

прогиб. Поперечная зональность выражена в наличии субмеридиональной зоны Транскавказского поперечного поднятия, пересекающей все продольные зоны и параллельных ей ступеней, понижающихся к востоку и западу от неё. Согласно тектонической карте исследуемые участки относятся к области Предкавказских позднеальпийских краевых прогибов. Прогибы выполнены мощными глинистыми толщами олигоцена – нижнего миоцена и вышележащими молассами миоцена, плиоцена и антропогена. Широкие пологие северные крылья прогибов наложены на южные участки Скифской плиты, а более узкие и крутые южные части наследуют северные участки мезозойской геосинклинали Большого Кавказа (Милановский, 1996).

Территория Предкавказья представляет собой эпигерцинскую платформу, складчатое основание которой сложено палеозойскими породами, а осадочный чехол 0 мезозоем и кайнозоем (Гидрогеология СССР. Том 9).

*Мосты через реку Сулак и канал Самур-Дербент.* Рассматриваемый район относится к сейсмоопасным. По данным карт общего сейсмического районирования со степенью сейсмической опасности С (1%) район инженерно-геологических изысканий находится в зоне 9 бальной интенсивности землетрясений; по карте В (5%) и карте А (10%) в зоне 8 бальной интенсивности землетрясений (Приложение 4, рис.1, 2, 3) (СП 14.13330.2014). По данным отчета о результатах сейсмомикрорайонирования территории объекта через реку Сулак, с учётом исходной сейсмичности, приращений сейсмической интенсивности за местные грунтово-геологические условия (сейсмическая жёсткость грунтов) площадка проектируемого строительства оценивается на поверхности сейсмичностью от 8,7 до 8,9 баллов при повторяемости землетрясений 1 раз в 1000 лет. Формально территория изысканий относится к территории с 8-бальной сейсмичностью. По данным отчета о результатах сейсмомикрорайонирования территории объекта через канал Самур-Дербент, с учётом исходной сейсмичности, приращений сейсмической интенсивности за местные грунтово-геологические условия (сейсмическая жёсткость грунтов) площадка проектируемого строительства оценивается на поверхности сейсмичностью от 9,1 до 9,2 баллов при повторяемости землетрясений 1 раз в 1000 лет. Формально территория изысканий относится к территории с 9-бальной сейсмичностью.

### **3.2.2 Стратиграфия**

Калининградская область расположена в северо-восточной части Балтийской синеклизы – глубокого прогиба в пределах западной окраины Русской платформы, которая характеризуется этажностью строения. Нижний этаж представляет собой

кристаллический фундамент, который сложен несколькими метаморфическими и интрузивными комплексами, самый древний из которых – архейский, представленный гнейсами, амфиболитами и сланцами. Верхний структурно-тектонический этаж сложен осадочными образованиями палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Платформенный чехол перекрывают четвертичные ледниковые и современные отложения. Они отличаются покровным характером залегания и нивелируют неровности дочетвертичного рельефа. Четвертичные отложения представлены всеми отделами плейстоцена и голоцена. Плейстоценовые толщи имеют преимущественно ледниковый генезис.

#### Мост через ручей на км 39+722 автомобильной дороги А-216

По данным результатов буровых работ вблизи моста через ручей до глубины 15,0 м (абсолютные отметки 1,5 – (-10,3) м). В геологическом строении участка работ принимают участие современные аллювиальные отложения ( $a_{IV}$ ), перекрытые техногенными образованиями ( $t_{IV}$ ) (Приложение 5, рис. 4).

Техногенные образования –  $t_{IV}$ . Представлены асфальтобетонным покрытием, галечниково-щебенистым грунтом с песчаным заполнителем, песком средней крупности. Развита повсеместно с поверхности вдоль трассы автомобильной дороги на абс. отм. от 5,50 м до 6,30 м. Их вскрытая мощность: составляет 0,70 – 1,50 м.

Аллювиальные отложения –  $a_{IV}$ . Залегают под техногенными грунтами и с поверхности. Представлены супесями пластичными, супесями твердыми, суглинками полутвердыми и суглинками тугопластичными. Отложения вскрыты на абс. отм. от 1,50 м до (-10,30 м). Их вскрытая мощность: составляет 14,50 – 14,60 м.

#### Мост через реку Неман

В геологическом строении участка работ в пределах глубины бурения до 15,0 м (абсолютные отметки 0,15 – (-15,85) м) принимают участие современные техногенные ( $t_{IV}$ ), аллювиально-морские ( $am_{IV}$ ), верхнечетвертичные ледниковые ( $g_{III}$ ) отложения, а также коренные отложения мелового ( $K_2$ ) возраста (Приложение 5, рис.5).

Техногенные образования –  $t_{IV}$ . Представлены насыпными грунтами тела и дорожной одеждой существующей автомобильной дороги А-216 и моста через реку Неман на км 61+188. Насыпные грунты представлены песками различной крупности и супесями пластичными. Отложения вскрыты на абс. отм. от 2,50 м до 7,0 м. Мощность насыпных грунтов изменяется от 2,5 до 8,3 м.

Аллювиально-морские отложения –  $am_{IV}$ . Аллювиально-морские отложения представлены песками различной крупности и супесями пластичными, залегающими в русле и пойменной части р. Неман. Отложения вскрыты на абс. отм. от 1,30 м до (-4,04 м). Мощность отложений изменяется от 0,5 до 10,1 м.

Ледниковые отложения – g<sub>III</sub>. Ледниковые отложения представлены песками гравелистыми, супесями твердыми и пластичными. Отложения вскрыты на абс. отм. от (-0,85 м) до (-7,54 м). Мощность отложений изменяется от 3,5 до 7,0 м.

Отложения мелового возраста – K<sub>2</sub>. представлены глинами мергелистыми, мергелями глинистыми, слоистыми, трещиноватыми, плотными монолитными, а также разрушенными до дресвы и щебня. Отложения вскрыты на абс. отм. от (-8,09 м) до (-15,85 м). Максимальная вскрытая мощность достигает 9,7 м.

В геологическом строении Московской области выделяются два структурных яруса. Нижний представляет собой складчатое основание (фундамент), сложенное сильно дислоцированными кристаллическими породами архейского и протерозойского возраста. Верхний структурный ярус – осадочный комплекс – представлен отложениями позднего докембрия (рифейскими и вендскими комплексами), кембрия, ордовика, девона, карбона, перми, триаса, юры, мела, палеогена, неогена и четвертичной системы. На дневную поверхность выходят осадки от фаменского яруса и моложе, более древние отложения известны только по кернам скважин (Гидрогеология СССР. Том 1).

#### Мост через реку Радомя

В геологическом строении исследуемого участка в пределах глубины бурения до 13,0 м (абсолютные отметки 172,10 – 183,05 м) принимают участие современные техногенные (tIV), аллювиальные (aIV) образования, среднечетвертичные ледниковые отложения (gII) (Приложение 5, рис. 6).

Техногенные образования - tIV. Представлены дорожной одеждой, насыпными грунтами тела насыпи автодороги.

Аллювиальные отложения – aIV. Представлены глиной легкой пылеватой, песком пылеватым и средней крупности, супесью песчанистой текучей и суглинком легким песчанистым текучим. Залегают под почвенно-растительным слоем. Мощность аллювиальных отложений составляет 3,9 – 9,9 м (абс. отметка подошвы 178,6 – 184,15 м).

Ледниковые отложения - gII. Представлены суглинками тяжелыми пылеватыми, тугопластичными. Залегают под суглинками легкими песчанистыми текучими и супесью песчанистой текучей аллювиального генезиса. Вскрытая мощность отложений составила 3,4 – 9,0 м (абс. отметка подошвы 173,5 – 183,05 м).

Ленинградская и Псковская области почти полностью расположены в северо-западной части Русской платформы, сложенной комплексом осадочных отложений (от верхнепротерозойских до пермских включительно), залегающих под четвертичными на архейском или протерозойском кристаллическом основании, и лишь северная окраина

относится к области Балтийского кристаллического щита, сложенного породами докембрия. (Гидрогеология СССР. Том 3)

#### Мост через Восточный пролив

В геологическом строении исследуемого участка в пределах глубины бурения до 7,80 м (абсолютные отметки (-3,57 м) – (-10,12) м) принимают участие современные техногенные (tIV) образования, озерно-морские образования (l,mIV), верхнечетвертичные озерно-ледниковые (lgIII), коренные нижнепротерозойские отложения Pt<sub>1</sub> (Приложение 5, рис.7).

Техногенные образования (tIV) представлены насыпными грунтами тела насыпи. Отложения вскрыты на абс. отм. 1,55 м. Мощность насыпных грунтов составляет 3,5 м.

Озерно-морские отложения (l,mIV) представлены песками мелкими, водонасыщенными, средней плотности. Отложения вскрыты на абс. отм. от (-5,05 м) до (-8,12 м). Мощность отложений меняется в пределах от 1,40 до 3,60 м.

Озерно-ледниковые отложения (lgIII) – представлены супесями пылеватыми пластичными, серыми, с гравием и галькой до 5%. Мощность озерно-ледниковых отложений составляет 2,30-3,90 м. Залегают под насыпными грунтами и почвенно-растительным слоем, на абс. отм. от (-0,75 м) до (-2,78 м).

Нижнепротерозойские отложения представлены гранитом среднезернистым, слабовыветрелым, прочным, трещиноватым. Вскрыты в скважинах под озерно-морскими и озерно-ледниковыми на абс. отм. от (-3,57 м) до (-10,12 м).

#### Мост через реку Плюсса

В геологическом строении исследуемого участка в пределах глубины бурения до 14,2 м (абсолютные отметки 41,00 м – 42,60 м) принимают участие современные техногенные (tIV), аллювиальные (aIV) образования, верхнечетвертичные озерно-ледниковые (lgIII) и ледниковые отложения (gIII)) (Приложение 5, рис. 8).

Техногенные образования (tIV) представлены дорожной одеждой, насыпными грунтами тела насыпи автодороги. Мощность насыпных грунтов составляет 0,8-2,0 м (абс. отметка подошвы 56,00-56,50 м).

Аллювиальные отложения (aIV) – представлены супестью песчанистой пластичной, глиной легкой пылевой мягкойпластичной, и песком гравелистым средней плотностью. Залегают под почвенно-растительным слоем. Мощность аллювиальных отложений составляет 0,4-3,9м (абс. отметка подошвы 51,0-55,10 м).

Озерно-ледниковые отложения (lgIII) – представлены песками гравелистыми, крупными, мелкими, пылевыми, средней плотности, влажными и водонасыщенными.

Мощность озерно-ледниковых отложений составляет 1,3-6,4 м. Залегают под аллювиальными и техногенными отложениями (абс. отметка подошвы 48,2-53,0 м).

Ледниковые отложения (gIII) – представлены суглинками легкими пылеватыми полутвердыми с включениями гравия и гальки до 15%, и суглинками тяжелыми пылеватыми полутвердыми с гравием и галькой до 20%. Залегают под песками пылеватыми озерно-ледникового генезиса. Вскрытая мощность отложений составила 5,9-7,9 м (абс. отметка подошвы 41,80-43,70 м).

#### Мост через реку Великая

В геологическом строении исследуемого участка в пределах глубины бурения до 14,0 м (абсолютные отметки 45,60 м – 51,50 м) принимают участие современные биогенные (bIV) и техногенные (tIV) образования, верхнечетвертичные озерно-ледниковые (lgIII) и ледниковые (gIII) отложения, подстилаемые коренными отложениями верхнего девона (D3)

Биогенные отложения (bIV) представлены почвенно-растительным слоем мощностью 0,4 м.

Техногенные образования (tIV) представлены дорожной одеждой, насыпными грунтами тела насыпи автодороги опор при строительстве моста. Мощность насыпных грунтов составляет 0,7 м (абс. отметка подошвы 54,80 м).

Озерно-ледниковые отложения (lgIII) – представлены суглинками легкими пылеватыми тугопластичными, серо-коричневого цвета, с линзами песка средней крупности. Мощность озерно-ледниковых отложений составляет 3,3-3,4 м. Залегают под насыпными грунтами и почвенно-растительным слоем. Абсолютные отметки подошвы слоя 51,50 м.

Ледниковые отложения (gIII) – представлены песками гравелистыми средней плотности и суглинками легкими пылеватыми твердыми с включением дресвы и щебня до 30%. Мощность ледниковых отложений составляет 10,4 м. Залегают под почвенно-растительным слоем. Абсолютные отметки подошвы слоя 45,60 м.

Отложения верхнего отдела Девонской системы представлены известняками плотными, средней прочности, сильнотрещиноватыми, мергелистыми, а также зоной выветривания – известняками, разрушенными до состояние щебня и дресвы, сильновыветрелыми. Вскрытая мощность отложений составила 3,2-4,0 м. Залегают с абсолютных отметок 45,60-51,50 м.

Территория Республики Дагестана отличается сложным геологическим строением и большим разнообразием состава слагающих пород, которые в возрастном

отношении образуют стратиграфический диапазон от кембрия и до современных отложений включительно. (Гидрогеология СССР. Том 9)

#### Мост через реку Сулак

В геологическом строении исследуемого участка в пределах глубины бурения до 30,0 м (абсолютные отметки (-30,50 м) – (-60,20) м) принимают участие современные техногенные (tIV) и аллювиальные (aIV) образования. Аллювиальные отложения местами покрыты почвенно-растительным слоем мощностью 0,1-0,2 м (Приложение 5, рис.9).

Техногенные отложения (t<sub>IV</sub>). Представлены насыпными грунтами тела насыпи существующей автомобильной дороги и дорожной одеждой. Вскрыты на абс. отм. от (-27,40 м) до (-25,20 м). Дорожная одежда и грунт тела насыпи изучены закопушками глубиной до 0,6 м. Насыпь автодороги сложена песками средней крупности средней плотности, влажными, и супесями пластичными с гравием и галькой 10-15% (ИГЭ-1). Мощность насыпных грунтов на участке до 1,5 м. Дорожная одежда представлена асфальтобетоном мощностью 0,14-0,15 м и щебнем осадочных и кристаллических пород мощностью 0,25-0,27 м.

Аллювиальные отложения (a<sub>IV</sub>) Представлены песками средней крупности, плотными, темно-серыми, серо-коричневыми, насыщенными водой (ИГЭ 2) и гравийными грунтами с песчаным заполнителем серого цвета, насыщенными водой (ИГЭ 3). Вскрытая мощность отложений составляет от 4,0 до 30,0 м. Развита на участке изысканий повсеместно на абс. отм. от (-60,20 м) до (-30,50 м).

#### Мост через канал Самур-Дербент

В геологическом строении участка по данным бурения до глубины 30,0 м (абсолютные отметки 20,05 м – 44,56 м) принимают участие современные техногенные (tIV) и аллювиальные (aIV) образования (Приложение 5, рис.10).

Техногенные отложения – t<sub>IV</sub>. Представлены насыпными грунтами тела насыпи существующей автомобильной дороги и дорожной одеждой. Вскрыты на абс. отм. от 49,15 м до 50,40 м. Дорожная одежда и грунт тела насыпи изучены закопушками глубиной до 0,6 м. Насыпь автодороги сложена песком пылеватым средней плотности, малой степени водонасыщения. Мощность насыпных грунтов на участке до 2,5 м. Дорожная одежда представлена асфальтобетоном мощностью 0,14-0,15 м и щебнем осадочных и кристаллических пород мощностью 0,30-0,32 м.

Аллювиальные отложения – a<sub>IV</sub>. Представлены супесями красно-коричневыми песчанистыми, твердой консистенции, с включениями гравия и гальки до 20% и гравийно-галечниковым грунтом с песчаным заполнителем (заполнитель – песок

средней крупности, плотный, влажный). Вскрытая мощность аллювиальных отложений составляет 5,0-29,3 м. Развита на участке изысканий повсеместно на абс. отм. от 20,05 м до 44,56 м.

Различные условия развития геологических структур, в пределах которых расположена Республика Башкирия, определила сложную картину распределения горных пород различного состава, возраста и генезиса, а также типов дислокаций (Гидрогеология СССР. Том 15).

#### *Мост через реку Нугуш*

В геологическом строении исследуемой территории до глубины бурения 25,0м принимают участие современные техногенные отложения, четвертичные отложения нерасчлененного аллювиально-делювиального комплекса (a,d,b<sub>II-III</sub>), подстилаемые пермскими отложениями (P<sub>2kz</sub>) (Приложение 5, рис.10).

Современные отложения представлены насыпными техногенными (tIV) образованиями: суглинки коричневые, легкие пылеватые, полутвердой консистенции с растительными остатками со щебнем до 10%. Мощность отложений от 1.0 до 2.7 м., абс. отметки от 191.2 до 193.0 м.

Четвертичные отложения нерасчлененного аллювиально-делювиального комплекса (a, d, b II – III) со стратиграфическим несогласием залегают на глинах казанского яруса верхней перми, залегают с поверхности, их представляют: суглинки и глины с прослоями песков залегают выше по разрезу. Глинистые отложения в верхней части толщи слабозаторфованные, содержат прослой торфов. Мощность отложений 1,4м - 7,0м; погребенные торфа, мощностью 1,9-7,2м, залегают на глубине 0,7-6,5м под насыпными и аллювиальными грунтами. Абсолютная отметка подошвы от 183.2 до 186.4 м.

Пермские отложения на исследуемой территории представлены элювиальной зоной терригенной красноцветной толщи глин казанского яруса поздней перми (P<sub>2kz</sub>). Кровля пермских отложений находится на глубинах от 16,5 до 17,0м. Отложения представлены пестроцветными глинами твердой консистенции с гнездами песка и известняками средневыветрелыми, трещиноватыми, средней прочности. Вскрытая мощность отложений составляет от 7.8 до 8.5 м., их подошва пересечена на глубинах от 24.4 до 25.0 м., абс. отметки от 165.9 до 166.4м.

### **3.3 Гидрогеологические условия**

*Мост через ручей на км 39+722 автомобильной дороги А-216.* Водовмещающими породами на участке являются супеси, залегающие с поверхности.

В период изысканий (июль 2015 года) установившийся уровень грунтовых вод зафиксирован в скважинах на глубине 0,6-0,9 м (абс. отметки 4,1 – 5,2 м). В период снеготаяния и продолжительных дождей прогнозируемый уровень подъема грунтовых вод на участке изысканий, следует ожидать на глубинах 0,0-0,3 м., с подъемом уровня воды в русле ручья.

По результатам лабораторных анализов проб воды на исследуемом участке грунтовые воды пресные, умеренно-жесткие, по химическому составу относятся к гидрокарбонатно-хлоридно-натриево-магниевым.

Результаты химического анализа в соответствии с нормативными документами показали следующее:

- грунтовые воды исследуемого участка обладают *средней* коррозионной агрессивностью по отношению к свинцовым оболочкам кабеля (ГОСТ 9.602-2005 ЕСЗКС. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии);

- грунтовые воды по степени агрессивного воздействия на арматуру железобетонных конструкций по содержанию хлоридов при постоянном погружении – неагрессивные, при периодическом смачивании – слабоагрессивные (СП 28.13330.2012 Защита строительных конструкций от коррозии.).

- грунтовые воды исследуемого участка обладают *высокой* коррозионной агрессивностью по отношению к алюминиевым оболочкам кабеля (ГОСТ 9.602-2005);

- грунтовые воды на участке неагрессивны для бетона марок W<sub>4</sub>-W<sub>8</sub> по водонепроницаемости и к арматуре железобетонных конструкций (СП 28.13330.2012).

*Мост через реку Неман.* Водоносный горизонт приурочен к алювиально-морским и ледниковым песчаным отложениям. На период изысканий, при бурении скважин в пойменной части участка работ (декабрь 2015 г) уровень грунтовых вод зафиксирован на глубине 0,90-8,50 м, абсолютные отметки уровня 2,65-6,50 м. На период изысканий, при бурении скважин в русле реки (март-апрель 2015 г) уровень грунтовых вод зафиксирован с поверхности (0,00 м), абсолютные отметки уровня (-0,85) - 1,45 м.

Результаты химического анализа, в соответствии с нормативными документами, показали следующее:

- грунтовые воды исследуемого участка обладают *средней* коррозионной агрессивностью по отношению к свинцовым оболочкам кабеля (ГОСТ 9.602-2005);

- грунтовые воды исследуемого участка обладают *средней* коррозионной агрессивностью по отношению к алюминиевым оболочкам кабеля (ГОСТ 9.602-2005);

- грунтовые воды по степени агрессивного воздействия на арматуру железобетонных конструкций по содержанию хлоридов при постоянном погружении – неагрессивные, при периодическом смачивании – слабоагрессивные (СП 28.13330.2012).

- грунтовые воды на участке неагрессивны для бетона марок W<sub>4</sub>-W<sub>8</sub> по водонепроницаемости и к арматуре железобетонных конструкций (СП 28.13330.2012).

*Мост через Восточный пролив.* Гидрогеологические условия территории исследований характеризуются наличием одного водоносного горизонта грунтовых вод, приуроченного к пескам озерно-морского генезиса и песчаным прослоям в глинистых грунтах озерно-ледникового генезиса. В период выполнения полевых работ (июнь 2015 г.) установление грунтовых вод зафиксировано на глубинах 0,0 до 3,70 м от поверхности земли, на абсолютных отметках -6,75 - 1,35 м.

Результаты химического анализа, в соответствии с нормативными документами, показали следующее:

- грунтовые воды неагрессивны по отношению к бетону с маркой по водонепроницаемости W<sub>4</sub>, W<sub>6</sub> и W<sub>8</sub> (СП 28.13330.2012).

- грунтовые воды по степени агрессивного воздействия на арматуру железобетонных конструкций по содержанию хлоридов при постоянном погружении – неагрессивные, при периодическом смачивании – слабоагрессивные (СП 28.13330.2012).

- грунтовые воды, по отношению к свинцовой и алюминиевой оболочкам кабеля, обладают средней коррозионной агрессивностью (ГОСТ 9.602-2005).

*Мост через реку Сулак.* Гидрогеологические условия участка работ характеризуются наличием безнапорного водоносного горизонта, приуроченного к насыпным грунтам, аллювиальным пескам и гравийно-галечниковым грунтам. Во время выполнения полевых работ (май, июнь 2015 г.) появление грунтовых вод зафиксировано на глубинах от 0,5 до 3,2 м от поверхности земли, на абс. отметках от 47,68 до 48,43 м.

Результаты химического анализа, в соответствии с нормативными документами, показали следующее:

- грунтовые воды неагрессивны по отношению к бетону с маркой по водонепроницаемости W<sub>8</sub>, по отношению к бетону марки W<sub>6</sub> воды *слабоагрессивны* по содержанию агрессивной углекислоты, по отношению к бетону марки W<sub>4</sub> воды *среднеагрессивны* по содержанию агрессивной углекислоты (СП 28.13330.2012).

- грунтовые воды по степени агрессивного воздействия на арматуру железобетонных конструкций по содержанию хлоридов при постоянном погружении – неагрессивные, при периодическом смачивании – слабоагрессивные (СП 28.13330.2012).

- грунтовые воды, обладают преимущественно высокой степенью агрессивности по отношению к алюминиевым, и средней, к свинцовым оболочкам кабеля (ГОСТ 9.602-2005).

*Мост через канал Самур-Дербент.* Гидрогеологические условия территории исследований характеризуются наличием одного безнапорного водоносного горизонта, приуроченного к песчаным прослоям в аллювиальных супесях. В период выполнения полевых работ (май 2015 г.) установление грунтовых вод зафиксировано на глубинах 0,7-0,8 м от поверхности земли, на абсолютных отметках от -33,1 до -32,3м.

Результаты химического анализа, в соответствии с нормативными документами, показали следующее:

- грунтовые воды неагрессивны по отношению к бетону с маркой по водонепроницаемости W6, W8, по отношению к бетону марки W4 воды слабоагрессивны по содержанию хлоридов (СП 28.13330.2012).

- грунтовые воды по степени агрессивного воздействия на арматуру железобетонных конструкций по содержанию хлоридов при постоянном погружении – неагрессивные, при периодическом смачивании – слабоагрессивные (СП 28.13330.2012).

- грунтовые воды по отношению к свинцовой и алюминиевой оболочкам кабеля подземные воды обладают *высокой* коррозионной агрессивностью (ГОСТ 9.602-2005).

*Мост через реку Нугуш.* На исследуемой территории подземные воды первого водоносного горизонта порово-пластового типа приурочены к четвертичным аллювиальным, биогенным отложениям. Подземные воды образуют единый безнапорный водоносный горизонт со свободной поверхностью. Водовмещающими породами являются глины тугопластичные с прослоями песков пылеватых, торфы. Местным водоупором служат глины казанского яруса верхней перми. Установившиеся уровни грунтовых вод (УГВ) в августе 2015г отмечены на глубине 0,7-3.9м, абсолютные отметки 190.3 до 191.5м.

По химическому составу воды хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатно-натриевые.

Результаты химического анализа, в соответствии с нормативными документами, показали следующее:

- грунтовые воды неагрессивны по отношению к бетону с маркой по водонепроницаемости W6, W8, по отношению к бетону марки W4 воды слабоагрессивны по содержанию хлоридов (СП 28.13330.2012).

- грунтовые воды по степени агрессивного воздействия на арматуру железобетонных конструкций по содержанию хлоридов при постоянном погружении – неагрессивные, при периодическом смачивании – слабоагрессивные (СП 28.13330.2012).

- грунтовые воды по отношению к свинцовой и алюминиевой оболочкам кабеля подземные воды обладают *высокой* коррозионной агрессивностью (ГОСТ 9.602-2005).

*Мост через реку Радомля.* Гидрогеологические условия территории исследований характеризуются наличием одного водоносного горизонта грунтовых вод, приуроченного к пескам и песчаным прослоям в глинистых грунтах аллювиальных отложений. В период выполнения полевых работ (сентябрь 2015г.) установление грунтовых вод зафиксировано на глубинах 0,3-1,9 м от поверхности земли, на абсолютных отметках 185,90– 187,75 м.

Результаты химического анализа, в соответствии с нормативными документами, показали следующее:

- подземные воды неагрессивны по отношению к бетону с маркой по водонепроницаемости W8, слабоагрессивны к бетону с маркой W6, среднеагрессивны к бетону с маркой W4 (СП 28.13330.2012).

- степень агрессивного воздействия водной среды на арматуру железобетонных конструкций по содержанию хлоридов при постоянном погружении – неагрессивная, при периодическом смачивании – слабоагрессивная (СП 28.13330.2012).

- по отношению к свинцовой оболочке кабеля подземные воды обладают средней коррозионной агрессивностью, по отношению к алюминиевой оболочке кабеля подземные воды обладают *высокой* коррозионной агрессивностью (ГОСТ 9.602-2005).

*Мост через реку Плюсса.* Гидрогеологические условия территории исследований характеризуются наличием одного водоносного горизонта грунтовых вод, приуроченного к пескам и песчаным прослоям в глинистых грунтах аллювиальных и озерно-ледниковых отложений. В период выполнения полевых работ (июнь 2015г.) установление грунтовых вод зафиксировано на глубинах 0,6-2,0 м от поверхности земли, на абсолютных отметках 53,40-56,00 м.

Результаты химического анализа, в соответствии с нормативными документами, показали следующее:

- подземные воды неагрессивны по отношению к бетону с маркой по водонепроницаемости W4, W6 и W8 (СП 28.13330.2012).

- степень агрессивного воздействия водной среды на арматуру железобетонных конструкций по содержанию хлоридов при постоянном погружении – неагрессивная, при периодическом смачивании – слабоагрессивная (СП 28.13330.2012).

- по отношению к свинцовой и алюминиевой оболочкам кабеля подземные воды обладают высокой коррозионной агрессивностью (ГОСТ 9.602-2005).

*Мост через реку Великая.* Гидрогеологические условия территории исследований характеризуются наличием одного водоносного горизонта грунтовых вод, приуроченного к песчаным прослоям в глинистых грунтах озерно-ледникового и ледникового генезиса. В период выполнения полевых работ (декабрь 2013 г.) установление грунтовых вод зафиксировано на глубинах 0,7-3,6 м от поверхности земли, на абсолютных отметках 52,80-54,80 м.

Результаты химического анализа, в соответствии с нормативными документами, показали следующее:

- подземные воды неагрессивны по отношению к бетону с маркой по водонепроницаемости W4, W6 и W8 (СП 28.13330.2012)

- степень агрессивного воздействия водной среды на арматуру железобетонных конструкций по содержанию хлоридов при постоянном погружении – неагрессивная, при периодическом смачивании – слабоагрессивная (СП 28.13330.2012).

- по отношению к свинцовой и алюминиевой оболочкам кабеля подземные воды обладают средней коррозионной агрессивностью (ГОСТ 9.602-2005).

На основе данных, полученных при изысканиях, с учетом лабораторных данных и использовании литературных источников была составлена таблица, в которой отражены основные гидрогеологические особенности каждого участка (Приложение 6 Таблица 4)

Следует отметить, что повсеместно на всех участках, в периоды интенсивного выпадения атмосферных осадков и весеннего снеготаяния возможно образование временного горизонта грунтовых вод типа «верховодка» и подтопление территории. Повышение уровня подземных вод до 1,5 м от отмеченного при бурении. Максимальное положение уровня следует ожидать вблизи поверхности земли, в понижениях рельефа возможно образование зеркала свободной воды.

Водоносные горизонты гидравлически связаны с поверхностными водами местных водотоков через которые осуществляется капитальный ремонт мостовых переходов. Грунтовые воды питают реку при низком стоянии уровня воды в ее русле.

При прохождении половодья (паводков), когда подъем воды в реке значительно превышает уровень стояния грунтовых вод, происходит фильтрация речных вод в берега. В прибрежной зоне создаются большие запасы грунтовых вод не только за счет просачивания речных вод, но и вследствие аккумуляции грунтовых вод, не находящих стока в русло из-за подпора, создаваемого высокими паводочными уровнями в реке. Уровни грунтовых вод и уровни реки в этом случае сопряжены, и колебания уровней реки передаются уровенной поверхности грунтовых вод.

Питание водоносных горизонтов, встреченных на участках изысканий, происходит за счет атмосферных осадков, поверхностных и талых вод. Разгрузка осуществляется в местные гидрографические сети (ручей, Восточный пролив, реки Неман, Нугуш, Плюсса, Великая, Радомля, Сулак и канал Самур-Дербент) и понижения рельефа. Области питания совпадают с областями разгрузки.

В период строительства подземные воды спорадического распространения могут быть вскрыты в любое время года и на любой глубине.

### **3.4 Прогноз развития геологических и природно-техногенных процессов.**

*Мост через ручей.* Из современных геологических процессов на участке могут развиваться следующие процессы: затопление при паводках пойменной части ручья, донная и боковая эрозия в русле ручья, плоскостной смыв. Категория опасности процесса подтопления по площадной пораженности (более 50%) оценивается как опасная (СП 115.13330.2012 Геофизика опасных природных воздействий).

Также нужно отметить морозное пучение грунтов при сезонном промерзании-оттаивании пород. Интенсивность проявления морозного пучения определяется составом грунтов и условиями промерзания. Нормативная глубина сезонного промерзания грунтов в Калининградской области, учитывая данные метеостанции в г. Советск, составляет: для крупнообломочных грунтов – 0,73 м; - для песков гравелистых, крупных, средней крупности – 0,64 м; - для супесей, песков мелких и пылеватых – 0,60 м; - для суглинков и глин – 0,49 м (СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений).

*Мост через реку Неман.* Непосредственно на участке проведения изысканий в процессе проведения рекогносцировочного обследования установлены проявления донной и боковой эрозии в русле реки (переработки берега) и затопление при паводках пойменной части реки. Также возможно проявление морозного пучения грунтов при сезонном промерзании – оттаивании пород. Нормативная глубина сезонного

промерзания грунтов составляет: для супесей, песков мелких и пылеватых – 0,71 м; - для суглинков и глин – 0,59 м (СП 22.13330.2011).

*Мост через Восточный пролив.* Из современных геологических процессов на изучаемой территории можно отметить морозное пучение грунтов при сезонном промерзании-оттаивании пород. Интенсивность проявления морозного пучения определяется составом грунтов и условиями промерзания. Нормативная глубина сезонного промерзания в районе, согласно, по данным ближайшей метеостанции, составляет: для супесей, песков мелких и пылеватых – 1,57 м (СП 22.13330.2011).

*Мост через реку Сулак и канал Самур-Дербент.* При проведении рекогносцировки, активных геологических процессов, которые могут оказать влияние на безопасность строительства и эксплуатации объекта (обвалы, осыпи, эрозия берегов, оврагообразование, карст и т.п.), не выявлено.

Наиболее вероятными неблагоприятными явлениями могут быть сейсмическая активность (раздел 3.2.1), и затопление территории при разливах близлежащих больших рек в периоды обильных дождей. Затоплению также может способствовать относительно ровная поверхность земли на участке изысканий.

*Мост через реку Нугуш.* В ходе инженерно-геологических изысканий на участке проектируемого мостового перехода овражной эрозии, оползневых, карстовых и склоновых процессов не выявлено. На участке изысканий склоны ровные, пологие высотой 2,5 - 3,0м без следов эрозионных нарушений. Участки склонов в полосе проектируемых подходов к мосту находятся в состоянии устойчивого равновесия, не подвержены склоновым процессам и обладают достаточным запасом устойчивости.

На исследуемой территории в ходе изучения имеющихся материалов, обследования территории и опроса населения не выявлены деформации земной поверхности, что подтверждает отсутствие карстово-суффозионного процесса на исследуемом участке. В геологическом строении территории до глубины 8 - 25м принимают участие четвертичные аллювиальные глинистые отложения, покрывающие сплошным чехлом верхнепермские глины казанского яруса. Широкое распространение четвертичных глинистых отложений значительной мощности, отсутствие водорастворимых пород в верхнепермских отложениях казанского яруса, исключает возникновение современных карстово-суффозионных явлений. Наличие древнего карста в верхнепермских отложениях казанского яруса, подтверждается наличием прослоя известняка с глинистым заполнителем мощностью 3,1 - 4,6м.

Возможно проявление морозного пучения грунтов при сезонном промерзании – оттаивании пород. Нормативная глубина сезонного промерзания грунтов составляет: для суглинков и глин – 1,57 м, торфы – 1,0 м (СП 22.13330.2011).

*Мосты через реку Радомля, Плюсса, Великая.* Из современных геологических процессов на изучаемой территории можно отметить морозное пучение грунтов при сезонном промерзании-оттаивании пород, заболачивание и подтопление долины реки Радомля. Эти процессы отрицательно влияют на строительство и эксплуатацию сооружений и требуют предусмотреть комплекс мероприятий, обеспечивающих их предотвращение.

Проявление современных экзогенных физико-геологических процессов в данном районе тесно связано с теплообеспеченностью и увлажненностью территории. Территория изысканий приурочена к зоне избыточного увлажнения. Интенсивность проявления морозного пучения определяется составом грунтов и условиями промерзания.

Нормативная глубина сезонного промерзания грунтов в Московской области, по данным ближайшей метеостанции в г. Москва составляет: суглинки, глины – 1,01; супеси, пески пылеватые и мелкие – 1,23; пески средней крупности, крупные и гравелистые – 1,31 (СП 22.13330.2011).

Нормативная глубина сезонного промерзания грунтов в Псковской области, по данным ближайшей метеостанции в г. Псков составляет: суглинки, глины – 1,12; супеси, пески мелкие, пылеватые – 1,36; пески средней крупности, крупные, гравелистые – 1,46 (СП 22.13330.2011).

### **3.5 Физико-механические свойства грунтов**

В соответствие с нормативными документами, с учётом возраста, генезиса, физико-механических свойств грунтов и анализа пространственной изменчивости частных показателей этих свойств, полевого визуального описания и лабораторного изучения физико-механических свойств и гранулометрического состава, на участках строительства в пределах исследуемых толщ были выделены инженерно-геологические элементы (Приложение 5, рис.4-11) (ГОСТ 25100-95 Грунты. Классификация, ГОСТ 20522-96 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний, СП 22.13330.2011).

Ниже даётся характеристика физико-механических свойств по инженерно-геологическим элементам, выделенным в пределах участков (Приложение 5, рис.4-11)

Показатели нормативных и расчётных значений физико-механических свойств грунтов представлены в таблицах (Приложение 7, таблицы 5 – 13). Коррозионная агрессивность грунтов представлена в сводной таблице (Приложение 8, таблица 14)

#### *Мост через ручей*

В пределах исследуемой глубины до 15,0 м выделено 5 инженерно-геологических элементов (ИГЭ). Современные техногенные образования  $t_{IV}$  – ИГЭ-1, 1а; современные аллювиальные отложения  $a_{IV}$  – ИГЭ-2, 3, 4, 5.

ИГЭ-1. Насыпной слой (галечниково-щебенистый грунт с песчаным заполнителем, маловлажный)

ИГЭ-1а. Насыпной слой (песок средний, уплотненный, маловлажный).

ИГЭ-2. Супесь песчанистая пластичная, коричневато-серая, слоистая, с линзами песка, с гравием и галькой 10-15%.

ИГЭ-3. Суглинок легкий пылеватый, полутвёрдый, коричневато-серый, с гнездами ожелезнения, с гравием и галькой 15-20%, с примесью органических остатков.

ИГЭ-4. Супесь песчанистая, твёрдая, тёмно-серая, слоистая, слюдистая, с линзами песка, с гравием и галькой >20%.

ИГЭ-5. Суглинок легкий, тугопластичный, буровато-коричневый, слоистый, слюдистый, с линзами песка, с гравием и галькой >20%.

#### *Мост через реку Неман*

В пределах исследуемой глубины до 30,0 м выделено 16 инженерно-геологических элементов (ИГЭ). Современные техногенные образования  $t_{IV}$  – ИГЭ-1, 2, 3, 4; современные аллювиально-морские отложения  $am_{IV}$  – ИГЭ-5, 6, 7, 8, 9; верхнечетвертичные ледниковые отложения  $g_{III}$  – ИГЭ-10, 11, 12, 13; коренные отложения мелового возраста  $K_2$  – ИГЭ – 14, 15, 16.

ИГЭ-1 Насыпной грунт: песок мелкий, с гравием до 5%, влажный.

ИГЭ-2 Насыпной грунт: песок пылеватый, влажный.

ИГЭ-3 Насыпной грунт: песок средней крупности, с гравием и галькой до 25%, влажный и водонасыщенный.

ИГЭ-4 Насыпной грунт: супесь песчанистая, пластичная, с гравием и галькой до 15%.

ИГЭ-5 Песок гравелистый, с галькой до 30%, средней плотности, влажный и водонасыщенный.

ИГЭ-6 Песок пылеватый, заторфованный, средней плотности, влажный и водонасыщенный.

ИГЭ-7 Супесь песчанистая, пластичная, заторфованная.

ИГЭ-8 Песок мелкий, средней плотности, водонасыщенный.

ИГЭ-9 Песок средней крупности, с гравием до 10%, средней плотности, водонасыщенный.

ИГЭ-10 Супесь пылеватая, пластичная, с гравием до 10%.

ИГЭ-11 Песок гравелистый, с галькой до 5%, средней плотности, водонасыщенный.

ИГЭ-12 Супесь песчанистая, пластичная, с гравием и галькой до 25%.

ИГЭ-13 Супесь пылеватая, твердая, с гравием до 15%.

ИГЭ-14 Дресва и щебень мергеля, заполнитель - суглинок легкий пылеватый, полутвердый.

ИГЭ-15 Глина мергелистая, легкая пылеватая, полутвердая, с дресвой до 20%.

ИГЭ-16 Мергель глинистый, слоистый, трещиноватый, пониженной прочности, средней плотности, сильнопористый, средневыветрелый, размягчаемый.

#### *Мост через Восточный пролив*

В пределах исследуемой глубины до 7,8 м выделено 4 инженерно-геологических элементов (ИГЭ). Современные техногенные образования  $t_{IV}$  – ИГЭ-1; современные озерно-морские отложения  $l, m_{IV}$  – ИГЭ-2; верхнечетвертичные отложения  $Q_{III}$  – ИГЭ-3; коренные нижнепротерозойские отложения  $Pt_1$  – ИГЭ-4.

ИГЭ 1 Насыпной грунт: песок средней крупности, средней плотности, с включением гравия и гальки, влажный.

ИГЭ 2 Песок мелкий, насыщенный водой, средней плотности.

ИГЭ 3 Супесь пылеватая пластичная, серая, с гравием и галькой до 5%.

ИГЭ 4 Гранит среднезернистый, слабовыветрелый, прочный, трещиноватый.

#### *Мост через реку Сулак*

В пределах исследуемой глубины до 30,0 м выделено 3 инженерно-геологических элементов (ИГЭ). Современные техногенные образования  $t_{IV}$  – ИГЭ-1; современные аллювиальные отложения  $a_{IV}$  – ИГЭ-2, 3.

ИГЭ 1 Насыпной грунт: песок средней крупности, средней плотности, влажный, супесь с гравием и галькой.

ИГЭ 2 Песок средней крупности, темно-серый, серо-коричневый, плотный, влажный и водонасыщенный.

ИГЭ 3 Гравийно-галечниковый грунт с песчаным заполнителем (заполнитель – песок средней крупности, плотный) серого цвета, насыщенный водой.

#### *Мост через канал Самур-Дербент*

В пределах исследуемой глубины до 30,0 м выделено 3 инженерно-геологических элементов (ИГЭ). Современные техногенные образования  $t_{IV}$  – Нс; современные аллювиальные отложения  $a_{IV}$  – ИГЭ-1, 2.

*Нс* Насыпной грунт: песок пылеватый, средней плотности, маловлажный, с редким гравием.

*ИГЭ-1* Супесь песчанистая твердая, с включениями гравия и гальки до 20%.

*ИГЭ-2* Гравийно-галечниковый грунт, с песчаным заполнителем (заполнитель – песок средней крупности, плотный), влажный.

#### *Мост через реку Нугуш*

В пределах исследуемой глубины до 25,0 м выделено 6 инженерно-геологических элементов (ИГЭ). Современные техногенные образования  $t_{IV}$  – ИГЭ-1; средне-верхнечетвертичные аллювиальные отложения  $a, d, II-III$  – ИГЭ-2, 3, 4; коренные пермские отложения  $P_2kz$  – ИГЭ-5, 6.

*ИГЭ 1* Суглинки коричневые, легкие пылеватые, полутвердой консистенции с растительными остатками, со щебнем до 10% неоднороды по составу и плотности сложения, среднепучинистые.

*ИГЭ 2* Глины легкие, пылеватые, коричневые, тугопластичные, с прослоями песка слабозаторфованные, чрезмернопучинистые, анизотропные, очень сильно деформируемые, при динамических нагрузках проявляют тиксотропные свойства.

*ИГЭ 3* Торфы черные средней степени разложенности насыщенные водой с прослоями слабозаторфованных грунтов. Высокозольные в отдельных прослоях низкозольные. Грунты очень сильно деформируемые, анизотропные, чрезмернопучинистые.

*ИГЭ 4* Суглинки легкие песчанистые мягкопластичные коричневые с прослоями песка.

*ИГЭ 5* Глины пестроцветные аргиллитоподобные, с гнездами песка, твердые, среднедеформируемые.

*ИГЭ 6* Известняки светло-коричневые средневыветрелые, трещиноватые, средней прочности с прослоями глин полутвердых.

#### *Мост через реку Радамля*

В пределах исследуемой глубины до 13,0 м выделено 8 инженерно-геологических элементов (ИГЭ). Современные техногенные образования  $t_{IV}$  – ИГЭ-1; современные аллювиальные отложения  $a_{IV}$  – ИГЭ-2, 3, 4, 5, 6; среднечетвертичные ледниковые отложения  $g_{II}$  – ИГЭ-7, 8.

ИГЭ–1 Насыпной грунт: песок мелкий, влажный, коричневый с включениями гравия и гальки 10-20%.

ИГЭ-2 Глина легкая пылеватая, текучепластичная, слабозаторфованная, черного цвета, с линзами и прослоями песка пылеватого.

ИГЭ-3 Песок пылеватый, средней плотности, влажный и водонасыщенный, серо-коричневый, с примесью органического вещества, с частыми прослоями суглинка.

ИГЭ-4 Песок средней крупности, средней плотности, влажный и водонасыщенный, серо-коричневый, с частыми прослоями суглинка.

ИГЭ-5 Супесь песчанистая, текучая, с прослоями песка серого, мелкого, водонасыщенного, с гнездами ожелезнения, черно-серая.

ИГЭ-6 Суглинок легкий песчанистый, текучий, с единичными включениями гравия и гальки, с прослоями и гнездами песка, с примесью органического вещества, темно-серый.

ИГЭ-8 Суглинок тяжелый, пылеватый, тугопластичный, темно-серого цвета, с прослоями и гнездами песка, с включениями гравия и гальки до 10%.

#### *Мост через реку Плюсса*

В пределах исследуемой глубины до 14,2 м выделено 9 инженерно-геологических элементов (ИГЭ). Современные техногенные образования  $t_{IV}$  – ИГЭ-1м, 1к; современные аллювиальные отложения  $a_{IV}$  – ИГЭ-2, 3, 4; верхнечетвертичные озерно-ледниковые отложения  $lg_{III}$  – ИГЭ-5, 6, 7; верхнечетвертичные ледниковые отложения  $g_{III}$  – ИГЭ-8, 9.

ИГЭ–1м Насыпной грунт: песок мелкий, влажный, коричневый с включениями гравия и гальки 10-20%.

ИГЭ–1к Насыпной грунт: песок крупный, влажный, коричневый, с включениями гравия и гальки 15-20%.

ИГЭ-2 Супесь песчанистая пластичная, с примесью органического вещества, черная.

ИГЭ-3 Глина легкая пылеватая, мягкопластичная, с низким содержанием органического вещества, серая.

ИГЭ-4 Песок гравелистый, средней плотности, влажный и водонасыщенный, с примесью органического вещества, коричневый.

ИГЭ-5 Песок крупный, средней плотности, влажный и водонасыщенный, коричневый.

ИГЭ-6 Песок мелкий, средней плотности, влажный и водонасыщенный, коричневый.

ИГЭ-7 Песок пылеватый, средней плотности, водонасыщенный, серо-коричневый.

ИГЭ-8 Суглинок легкий пылеватый, полутвердый, с включениями гравия и гальки до 15%, коричневый.

ИГЭ-9 Суглинок тяжелый пылеватый, полутвердый, с включениями гравия и гальки до 20%, коричневый.

#### *Мост через реку Великая*

В пределах исследуемой глубины до 14,0 м выделено 6 инженерно-геологических элементов (ИГЭ). Современные техногенные образования  $t_{IV}$  – ИГЭ-1; верхнечетвертичные озерно-ледниковые отложения  $Ig_{III}$  – ИГЭ-2; верхнечетвертичные ледниковые отложения  $g_{III}$  – ИГЭ-3, 4; коренные отложения верхнего девона  $D_3$  – ИГЭ-5, 6.

ИГЭ-1 Насыпной грунт (тело насыпи автодороги): дресвяно-щебенистый грунт осадочных пород, заполнитель - супесь пластичная с органикой.

ИГЭ-2 Суглинок легкий пылеватый тугопластичный, с дресвой и щебнем, неяснослоистый, серо-коричневого цвета, с линзами песка средней крупности, насыщенного водой, крошкой известняка.

ИГЭ-3 Песок гравелистый, средней плотности, с дресвой и щебнем до 20%, влажный.

ИГЭ-4 Суглинок легкий пылеватый твердый, серо-коричневый, с включением дресвы и щебня до 30%, с прослоями супеси песчанистой твердой.

ИГЭ-5 Выветрелая зона - известняк разрушенный до состояния дресвы и щебня, сильновыветрелый, светло-серого цвета.

ИГЭ-6 Известняк светло-серый, плотный, средней прочности, сильнотрещиноватый, мергелистый, с пятнами ожелезнения.

### **Оценка возможности развития неблагоприятных инженерно-геологических процессов**

Изучение состава и физико-механических свойств грунтов, слагающих разрезы площадок, показало возможность развития таких процессов, как морозного пучения, тиксотропии и суффозии.

#### **Морозное пучение**

На рассматриваемых площадках грунты являются сезоннопромерзающими: и могут находиться в талом, промерзающем и оттаивающем состояниях. Промерзающее и оттаивающее состояния характеризуются развитием процессов, которые определяют

морозоопасные свойства грунтов, оказывающие влияние на устойчивость сооружений, так как при промерзании в естественных условиях залегания способны увеличиваться в объеме. Этот процесс называется морозным пучением, вследствие которого возникают силы морозного пучения, обуславливающие деформации сооружений. Его интенсивность развития зависит от вида грунта, состава и состояния, характера промерзания и гидрогеологических условий площадки и оценивается степенью пучинистости. (Карлов, 2007). Степень пучинистости зависит от физического состояния грунтов, характеризующихся показателем консистенции –  $I_L$  (для глинистых грунтов) и степени водонасыщения –  $S_r$  (для песчаных грунтов), в соответствии с которыми они подразделяются на разновидности, представленные в таблице (Приложение 9, таблица 15).

Промерзание и оттаивание грунтов являются факторами, влияющими на глубину заложения фундаментов. Она устанавливается в зависимости от вида грунта, состояния, начальной влажности и уровня подземных вод в период промерзания. Фундаменты необходимо закладывать ниже глубины сезонного промерзания.

Изучение возможности развития этого процесса показало следующее.

*Мост через ручей на км 39+722 автомобильной дороги А-216.* На данном участке супеси пластичные (ИГЭ-2) и суглинок полутвердый (ИГЭ-3) залегают с поверхности под почвенно-растительным слоем и техногенными грунтами до глубины сезонного промерзания грунтов. Данные грунты могут подвергаться промерзанию и проявлять пучинистые свойства. Результаты произведенной оценки грунтов по степени пучинистости представлены в виде таблицы (Приложение 10, таблица 16). Остальные грунты залегают ниже глубины сезонного промерзания.

*Мост через реку Неман.* На данном участке пески гравелистые (ИГЭ-5, 11) залегают с поверхности под почвенно-растительным слоем, и под техногенными грунтами до глубины сезонного промерзания грунтов. Данные грунты являются практически непучинистыми. Результаты произведенной оценки грунтов по степени пучинистости представлены в виде таблицы (Приложение 10, таблица 16). Остальные грунты залегают ниже глубины сезонного промерзания или являются практически непучинистыми.

*Мост через Восточный пролив.* На данном участке песок мелкий (ИГЭ-2) и супесь пластичная (ИГЭ-3) залегают с поверхности под почвенно-растительным слоем до глубины сезонного промерзания грунтов. Данные грунты могут подвергаться промерзанию и проявлять пучинистые свойства. Результаты произведенной оценки грунтов по степени пучинистости представлены в виде таблицы (Приложение 10,

таблица 16). Остальные грунты залегают ниже глубины сезонного промерзания или являются практически непучинистыми.

*Мост через реку Сулак и канал Самур-Дербент.* На данных участках морозное пучение грунтов отсутствует, так как все среднемесячные температуры за год больше 0.

*Мост через реку Нугуш.* Грунты, залегающие с поверхности под почвенно-растительным слоем до глубины сезонного промерзания грунтов, представленные суглинками полутвердыми (ИГЭ-1), глинами тугопластичными (ИГЭ-2) и торфами (ИГЭ-3) являются чрезмернопучинистыми, поэтому при промерзании будут проявлять пучинистые свойства. Результаты произведенной оценки грунтов по степени пучинистости представлены в виде таблицы (Приложение 10, таблица 16). Остальные грунты залегают ниже глубины сезонного промерзания.

*Мост через реку Радомля.* На данном участке глина текучепластичная (ИГЭ-2), песок пылеватый (ИГЭ-3) и супесь текучая (ИГЭ-5) залегают с поверхности под почвенно-растительным слоем и техногенными грунтами до глубины сезонного промерзания грунтов. Данные грунты могут подвергаться промерзанию и проявлять пучинистые свойства. Результаты произведенной оценки грунтов по степени пучинистости представлены в виде таблицы (Приложение 10, таблица 16). Остальные грунты залегают ниже глубины сезонного промерзания или являются практически непучинистыми.

*Мост через реку Плюсса.* На данном участке супесь пластичная (ИГЭ-2), глина мягкопластичная (ИГЭ-3) и песок мелкий (ИГЭ-6) залегают с поверхности под почвенно-растительным слоем до глубины сезонного промерзания грунтов. Данные грунты могут подвергаться промерзанию и проявлять пучинистые свойства. Результаты произведенной оценки грунтов по степени пучинистости представлены в виде таблицы (Приложение 10, таблица 16). Остальные грунты залегают ниже глубины сезонного промерзания или являются практически непучинистыми.

*Мост через реку Великая.* На данном участке суглинок тугопластичный (ИГЭ-2) залегают с поверхности под почвенно-растительным слоем до глубины сезонного промерзания грунтов. Данные грунты могут подвергаться промерзанию и проявлять пучинистые свойства. Результаты произведенной оценки грунтов по степени пучинистости представлены в виде таблицы (Приложение 10, таблица 16). Остальные грунты залегают ниже глубины сезонного промерзания.

### **Тиксотропность грунтов**

Под влиянием механических воздействий, например, передаваемых нагрузок, глинистые грунты способны размягчаться, а при вибрации даже разжижаться, т.е.

менять своё физическое состояние. По прекращению этих воздействий физическое состояние, а, следовательно, и прочность грунтов, полностью или частично восстанавливаются. Эти изменения получили названия тиксотропных. Для сооружений способность грунтов к тиксотропным явлениям представляет определённую опасность, так как значительно снижается прочность этих грунтов. (Трофимов, 2003)

Тиксотропные явления обусловлены рядом причин, вытекающих из того факта, что глинистые грунты являются дисперсными системами, подчиняющимися в своём поведении законам физико-химии. Практически, все глинистые грунты потенциально тиксотропны, но для проявления этой способности необходимо наличие определённых условий. Одним из них является содержание глинистых частиц хотя бы в количестве 1.5-2%, при этом, чем они мельче, тем содержащие их грунты обладают большей способностью к тиксотропным превращениям. (Гуменский, 1965).

Существуют различные методы количественной оценки тиксотропных превращений.

Для определения возможности развития данного процесса в грунтах, т.е. для косвенного суждения о предрасположенности грунтов к тиксотропным превращениям используют показатель степень выраженности структурной связности. Он указывает на величину изменения структурных связей грунтов. Для этого рассчитывается значение разности коэффициентов консистенции  $C_{b1}$  и  $C_{b2}$ , определяемых по величинам погружения конуса в грунт естественной и нарушенной структуры при одинаковой влажности. Этот показатель ( $C_s = C_{b1} - C_{b2}$ ) используется в классификации грунтов по степени выраженности структурной связности (Таблица 2).

Таблица 2

Классификация грунтов по степени выраженности структурной связности  
(по П.О. Бойченко)

Категория грунта	Структурная связность выражена	Разность коэффициентов консистенции $C_s$
I	Слабо	<0.15
II	Средне	0.15-0.30
III	Значительно	0.30-0.60
IV	Резко	>0.60

Также определяется чувствительность глинистых грунтов (коэффициент структурной прочности). Мерой (индексом) чувствительности глинистых грунтов ( $I_F$ ) является отношение прочности на одноосное сжатие (или сопротивление сдвигу) или пластической прочности грунта  $P_m$  (условное предельное сопротивление сдвигу) или

удельного сопротивления пенетрации  $R_{пн}$  естественного сложения к прочности той же породы при той же влажности, но нарушенного сложения (Таблица 3).

$$I_F = P_{пн\ ненар} / P_{пн\ нар} = R_{пн\ ненаруш} / R_{пн\ наруш}$$

Таблица 3

Классификация грунтов по показателю чувствительности

Показатель чувствительности грунта ( $I_F$ )	Классификация грунта
2-4	Грунт средней чувствительности
4-8	Чувствительный грунт
>8	Очень чувствительный грунт

Данные показатели можно определить по результатам пенетрационных испытаний. Выполняется погружение конуса Бойченко в грунт естественной и нарушенной структуры и в зависимости от глубины погружения определяют  $C_b$  (Приложение 11. Таблица 17).

Определение показателя  $C_s$  в лаборатории показало, что на участках возведения мостов через реки Великая и Нугуш возможно проявление тиксотропных свойств в суглинках тугопластичных (ИГЭ-2) озерно-ледникового генезиса на реке Великой и в глинах тугопластичных (ИГЭ-2) аллювиально-делювиального генезиса на реке Нугуш. Структурная связность у них выражена от средней до значительной. По показателю чувствительности они классифицируются как грунты средней чувствительности и чувствительные.

### Суффозия

Значительное влияние на устойчивость сооружений, а также на производство строительных работ на рассматриваемых участках могут оказывать суффозионные процессы. В связи с этим в работе производилось определение возможности развития этого процесса.

Суффозией – это процесс выноса частиц грунта из горных пород фильтрующейся водой, часто сопровождающийся оседанием вышележащих пород, образованием воронок, провалов и т.д. Различают механическую и химическую суффозию, встречается смешанный химико-механический тип суффозии. (Иванов, Тржцинский, 2001)

Механическая суффозия развивается в результате выноса фильтрационным потоком мелких частиц, входящих в состав обломочных пород или заполнителя трещин

и карстовых полостей. Это приводит к увеличению пористости и водопроницаемости пород, что является причиной нарушения их устойчивости.

В свою очередь механическая суффозия в грунтах подразделяется на *внутрипластовую* (Рис. 4) и *контактную* (Рис. 5).

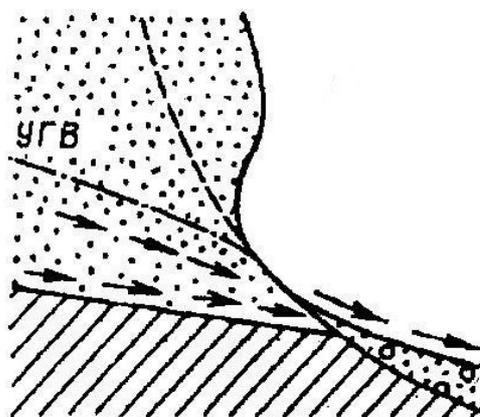


Рис.4 Внутрипластовая суффозия

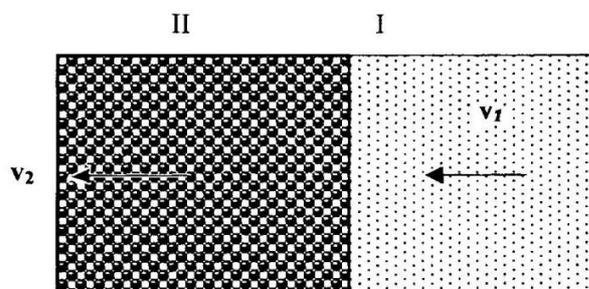


Рис.5 Контактная суффозия

Развитие суффозии возможно лишь при сочетании определенных условий:

- скорости фильтрационного потока;
- степени неоднородности водоносных пород;
- наличия области выноса мелких частиц;

*Внутрипластовая суффозия* выражается в отрыве и переносе более мелких частиц в порах внутри одного и того же слоя грунта. Она может сопровождаться выносом частиц из этого слоя или осуществляться без такового в пределах данного слоя грунта. Помимо скорости фильтрующегося потока на внутрипластовую суффозию оказывают существенное влияние структурно-текстурные особенности грунта в пласте.

*Контактная суффозия* происходит на границе (контакте) двух пластов грунта с разным гранулометрическим составом, когда более мелкие частицы из одного пласта выносятся и аккумулируются в соседнем, более грубодисперсном пласте. При этомдвигающимся в порах водным потоком преодолеваются силы сцепления частиц грунта.

Существенную роль в этом явлении играет также различие скоростей водного потока на контакте двух слоев грунта с разной дисперсностью (Рис.5). Благодаря эффекту неразрывности потока воды в порах грунта, скорость в тонкопористом грунте ( $V_1$ ) выше, чем в крупнопористом ( $V_2$ ) грунте. Поэтому в пограничной области контактирующих слоев I и II возникает резкий перепад скоростей водного потока, обуславливающий отрыв частиц и их перемещение из слоя I в слой II.

Все виды суффозии в грунтах тесно связаны с гидродинамическим режимом грунтовых толщ, т.е. со скоростью фильтрационного потока, его направлением, стационарностью (нестационарностью) и т.д.

В зависимости от условий возникновения суффозии (в пределах одного слоя, на границе между двумя слоями), существуют различные критерии оценки возможности этого возникновения.

Суффозионная устойчивость грунтов оценивается рядом параметров.

#### Внутрипластовая суффозия

Необходимое условие суффозионного механического выноса частиц в слое водоносного песка: коэффициент неоднородности гранулометрического состава  $K_n$  – больше 20, при этом градиент потока  $I$  должен быть более 0,5. По гранулометрическому составу грунта можно ориентировочно оценить возможность его суффозионной устойчивости, используя коэффициент неоднородности: при  $K_n < 10$ , песчаные грунты считаются несуффозионными, при  $K_n > 20$  – суффозионными; если  $K_n = 10-20$ , они могут быть суффозионными и несуффозионными.

Для определения начальной скорости потока (скорость размыва)  $V_{раз}$  (м/сек), при которой начинается суффозия можно использовать формулу Зихарда:

$$V_{раз} = \sqrt{K_f} / 15,$$

где  $K_f$  - коэффициент фильтрации породы м/сек;

Наиболее достоверно возможность суффозионного выноса устанавливается по графику В.С. Истоминой (Рис.6), которая провела лабораторные эксперименты с разными песками и по их результатам построила кривую зависимости в координатах  $I - K_n$ , разграничивающую опасную область (над кривой), где суффозия возможна, от области безопасной (под кривой), где она происходить не будет.



Рис. 6 График В.С. Истоминой

Координаты точки, наносимой на график определяют:

$K_n$  – (коэффициент неоднородности) – по данным кривой гранулометрического состава  $K_n = d_{60}/d_{10}$ ;

$I$  – гидравлический градиент – по разрезу;

В зависимости от того, в какую область графика (разрушающих или неразрушающих градиентов) попадает точка, делают вывод о возможности суффозионного выноса.

Анализ зависимости В.С. Истоминой даёт возможность сделать следующие выводы:

а) суффозия может возникнуть при градиенте  $I \leq 0.5$  только в песках со степенью неоднородности  $K_n \geq 10$ ;

б) наиболее опасными являются значения гидравлического градиента  $I > 10$ , при которых суффозия может возникнуть и в однородных песках при  $K_n < 2-3$

в) суффозия практически не возникает при градиенте  $I < 0.2-0.3$ .

#### Контактная суффозия

В случае, когда суффозия происходит на контакте мелкозернистого и крупнозернистого однородных песков, определение скорости фильтрации, отвечающей началу выноса частиц (при условии движения воды от мелкозернистого песка к крупнозернистому), оценивают по формуле:

$$V_k = 0.26d^2 [1 + 1000 (d_{60}/D_{60})^2],$$

где  $V_k$  - критическая скорость контактной суффозии (скорость выноса частиц из размывающегося более мелкозернистого песка);

$d_{60}/D_{60}$  - контролируемые диаметры частиц (мм), более мелкого и более крупного песка.

С целью определения возможности развития суффозии в грунтах, слагающих площадки, проводились следующие исследования:

- анализировался гранулометрический состав песчаных грунтов и определялся показатель степени неоднородности (Приложение 19, рис. 12-16, таблицы 19-23).

- определялась возможность суффозионного выноса по графику В.С. Истоминой и её выводам из анализа зависимости (Приложение 19, рис.17). Для этого производились расчеты гидравлического градиента:

$$I = \frac{H_2 - H_1}{L}$$

Рассчитывалась начальная скорость потока при которой начинается суффозия:

$$V_{\text{раз}} = \frac{\sqrt{K_{\phi}}}{15}$$

где  $K_{\phi}$  – коэффициент фильтрации грунтов,

Результаты определений представлены в виде таблицы (Приложение 19, Таблица 25) и на графике (Приложение 19, рис.17)

Из приведённого графика видно, что точки всех рассматриваемых участков попадают в область неразрушающих градиентов, значит, развитие суффозии на этих участках происходить не будет. Также из рассчитанных гидравлических градиентов можно сделать вывод, о невозможности суффозии, опираясь на вывод В.С. Истоминой из анализа зависимости

а) «суффозия может возникнуть при градиенте  $I \leq 0.5$  только в песках со степенью неоднородности  $K_n \geq 10$ » (Восточный пролив –  $I=0,45$ ,  $K_n=2,0$  (ИГЭ-2))

в) «суффозия практически не возникает при градиенте  $I < 0.2-0.3$ » (река Неман –  $I=0,07$  (ИГЭ 5,6); река Радомля –  $I=0,04$  (ИГЭ 3), река Плюсса  $I=0,03$  (ИГЭ 4);)

Таким образом, в результате экспериментальных работ, можно сделать вывод, что на всех рассматриваемых участках, грунты не подвержены внутрипластовому суффозионному процессу.

## **Глава 4. Типизация инженерно-геологических условий участков возведения мостовых переходов**

### **4.1. Выбор классификационных признаков для типизации инженерно-геологических условий исследуемых участков**

Как было отмечено в главе 1, строительство и эксплуатация сооружений на конкретной территории, определяются, прежде всего, её инженерно-геологическими условиями (ИГУ). Оценка ИГУ исследуемых участков показала, что они по одним признакам являются схожими, по другим различаются. В связи с этим, было рассмотрено влияние основных элементов ИГУ: рельефа, геологического строения, гидрогеологических особенностей, геологических процессов на строительство мостовых переходов и их эксплуатацию для выделения среди них главных элементов, обобщающих оценку инженерно-геологической обстановки участков (Глава 3). На основе этой оценки принимаются наиболее оптимальные решения для выбора мест расположения мостового перехода в конкретных инженерно-геологических условиях. С этой целью в работе проводится типизация территорий по инженерно-геологическим условиям для обособления рассматриваемых участков по определённым признакам.

При типизации были произведены следующие действия: - определение объекта исследований; – его изучение; – выбор классификационных признаков; – подразделение признаков по степени значимости; – деление объекта по принятым признакам; – построение итоговой схемы (схемы типизации) инженерно-геологических обстановок.

Объектом исследований являются ИГУ каждого участка мостового перехода. Его изучение и характеристика, как отмечено выше, изложены в главе 3. Следующим этапом исследований является выбор признаков, выступающих в роли типобразующих факторов, по которым участки будут характеризоваться определёнными типичными особенностями ИГУ с учетом требований строительства конкретных сооружений, в данном случае – мостовых переходов. Мостовые переходы, как инженерные сооружения, и влияние инженерно-геологических условий на участки их размещения, рассмотрены в главе 2.

В результате анализа литературного и фондового материала, а также данных, полученных в процессе полевых и лабораторных исследований при инженерно-геологических изысканиях, установлены особенности ИГУ, сформированные при влиянии определённых факторов (признаков) и типичные для каждого рассматриваемого участка. Эти факторы были выбраны в качестве классификационных

признаков (типообразующих факторов) при инженерно-геологической типизации участков (Завершинская, 2016; Корвет, Завершинская, 2016).

Каждому классификационному (типообразующему фактору) присвоен определённый индекс, учитывающийся при составлении схемы инженерно-геологической типизации условий участков мостовых переходов (Приложение 20, таблица 26)

*Структурно-тектонические особенности* в значительной степени определяют ИГУ территорий, поэтому при инженерно-геологическом районировании, в первую очередь учитывают этот фактор (Голодковская, 1981). Согласно схеме инженерно-геологического районирования территории расположены в пределах двух инженерно-геологических регионов первого порядка. В соответствии с этим участки, выделенные с учётом структурно-тектонических особенностей, относятся к Русской платформе (индекс I), а к альпийской горно-складчатой системе (индекс II).

Эти инженерно-геологические регионы отличаются сейсмичностью, которая составляет в пределах первого региона 5 баллов, а на объектах в республике Дагестан, - около 9 баллов, и влияет на обоснование строительства мостовых переходов, что требует руководствоваться строительными правилами строительство в сейсмических районах (СП 14.13330.2014)

Основную наиболее значимую, роль, среди всех типобразующих факторов, выполняют грунты, расположенные в сфере влияния сооружений и рекомендованные к использованию в качестве основания фундаментов опор мостовых переходов. Их описание проведено с использованием присвоенных индексов.

***Геолого-генетические комплексы коренных отложений:***

1. Мезозойские меловые K2 – мергели глинистые: плотные монолитные и разрушенные (р. Неман)
2. Палеозойские пермские P2 – пестроцветные глины и известняки средневыветрелые, трещиноватые, средней прочности (р.Нугуш)
3. Палеозойские девонские D2 – известняки различной прочности, (р.Великая)
4. Протерозойские Pt1 – граниты трещиноватые (Восточный пролив)

***Геолого-генетические комплексы:***

- А – Современные аллювиальные (a<sub>IV</sub>)
- Б – Современные аллювиально-морские (am<sub>IV</sub>)
- В – Современные озерно-морские (l,m<sub>IV</sub>)
- Г – Верхнечетвертичные аллювиально-делювиальные (a,d<sub>IV</sub>)
- Д – Верхнечетвертичные ледниковые (g<sub>III</sub>)

Е – Верхнечетвертичные озерно-ледниковые ( $lg_{III}$ )

Ж – Среднечетвертичные ледниковые ( $g_{II}$ )

**Сочетание литологических слоёв**, встречаемых в разрезах:

а – пески различной крупности;

б – гравийно-галечниковый грунт;

в – супеси;

г – суглинки;

д – глины.

**Наличие слабых грунтов в разрезе (s):**

– заторфованные аллювиально-морские пески (р.Неман);

– слабозаторфованные аллювиальные песчано-глинистые отложения (р.Радомля);

– погребённый среднеразложившийся торф (р. Нугуш)

Специфические особенности органо-минеральных и органических грунтов, которые со строительной точки зрения позволяют считать рассматриваемые грунты, как слабые, малопригодные для строительства на них различных сооружений.

**Типы геологических разрезов** определяют выбор фундаментов, условия строительства работ. Так как строительство различных сооружений осуществляется в основном по типовым проектам применительно к определённым сочетаниям грунтов в геологическом разрезе, то последние в строительной практике именуется как "грунтовые условия".

Наиболее ответственным этапом проектирования сооружений является выбор основания и глубины заложения фундаментов. Он зависит от целого ряда факторов, из которых особое значение имеют инженерно-геологические условия. Они достаточно разнообразны, трудно поддаются оценке и классификации, поэтому сложно разработать типизацию грунтовых условий.

В строительной практике предложено разделять грунтовые условия на четыре типа напластований. Такой подход получил очень широкое применение, т.к. оказался очень удобным и практичным при проектировании (Долматов, 2006)

В толще напластований любой слой грунта может быть оценён как надёжный или слабый. Надёжным является грунт, который может выдержать нагрузку от данного конкретного сооружения, слабый - не может выдержать такую нагрузку.

Подобная оценка должна иметь четкие обоснованные критерии - расчёты оснований по двум предельным состояниям, которые согласно СНиП должны удовлетворять требованию:

$$S < S_{np};$$

$$N < \Phi / K_n.$$

где  $S$  - величина совместной деформации основания и здания или сооружения;  
 $S_{np}$  - предельно допустимая величина совместной деформации основания и здания или сооружения;

$N$  - расчетная нагрузка на основание;

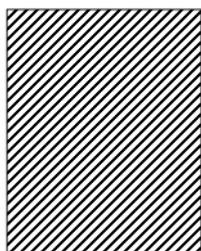
$\Phi$  - несущая способность основания (предельная нагрузка);

$K_n$  - коэффициент надежности.

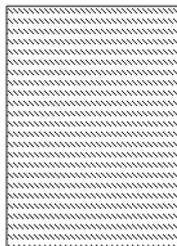
То есть сооружению должны быть обеспечены безопасные осадки и устойчивость основания.

В обобщённом виде можно выделить схематично четыре характерных типа для целей строительства (Рис. 7)

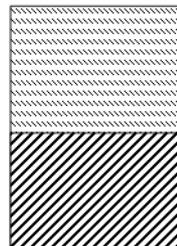
- надёжный на большую глубину;
- слабый на большую глубину,
- с поверхности - слабый, на небольшой глубине надёжный,
- в толще надёжного грунта залегают прослойки слабого.



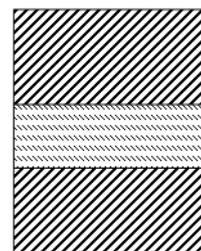
**Тип 1** - надежные грунты распространяются на большую глубину



**Тип 2** - грунты слабые, на большую глубину.



**Тип 3** - сверху грунт слабый, внизу – надёжный.



**Тип 4** - в толще надёжного грунта залегают слой слабого.

Рис. 7 Характерные типы схем «напластований» для целей строительства

**Тип 1.** Надежные грунты распространяются на большую глубину, т.е. по крайней мере, на глубину активной (сжимаемой) зоны под фундаментами. Наиболее рационально использовать естественное основание. Типы фундаментов выбирают в зависимости от характера несущих конструкций.

**Тип 2.** Грунты слабые на большую глубину. На какой-то глубине находятся и надёжные грунты; в данном случае они за пределами экономически достигаемой глубины (расстояния от поверхности до кровли надёжного слоя, при которой слабые слои можно прорезать при отрывке котлована, т.е. с помощью простых, относительно дешёвых средств). Необходимо использовать искусственное основание - заменить

слабый грунт на некоторую глубину более надёжным песчаным грунтом. Можно использовать свайные фундаменты.

**Тип 3.** Сверху грунт слабый, внизу - надёжный. Выбор типов оснований и фундаментов зависит от глубины расположения кровли надёжного грунта и в значительной степени обусловлен условиями производства работ. Если надёжный грунт находится на глубине до 3-4м, то слабый слой можно прорезать и устроить фундамент на естественном основании. Отрывка котлованов на такую глубину выполняется без креплений и не вызывает затруднений. При большой глубине залегания надёжного слоя целесообразны свайные фундаменты.

**Тип 4.** В надёжном грунте залегает прослойка слабого. Если кровля нижнего надёжного грунта находится на глубине до 3-4м, то самым простым будет устройство фундаментов на естественном основании, с прорезкой верхних слоев, а при большой глубине - на сваях. Следует обратить внимание на то, что наличие слабого слоя в пределах длины сваи может при определённых условиях резко уменьшить несущую способность свай, особенно при возникновении негативного (отрицательного) трения грунта по боковой поверхности сван.

Для рассмотренных типов грунтовых условий могут быть предложены различные варианты оснований и фундаментов. Окончательный выбор оснований и фундаментов будет осуществляться путём технико-экономического сравнения вариантов (стоимости, трудоёмкости, затрат материалов, особенности сооружения, простоты производства работ).

На основе изучения инженерно-геологических разрезов участков, в пределах каждого из них были выбраны типы в соответствии с характерными типами схем «напластований» для целей строительства (Приложение 21).

Таким образом, в разрезах участков выделены 3 типа геологических разрезов (Тип 1, Тип 3 и Тип 4) (Таблица 4).

**Геоморфологические условия исследуемых площадок**, к которым относятся перепады высот на площадках и крутизна склонов бортов русел водотоков, ширина долины и русла на уровне меженных и высоких вод, распространение террас и их строение влияют на выбор участков расположения мостовых переходов (Приложение 2, Таблица 2). Геоморфологические условия влияют на развитие некоторых опасных инженерно-геологических процессов.

Типы геологических разрезов, выделенных на участках

Объект	Типы геологических разрезов
Ручей на км 39+722 дороги А-216	1
река Неман	1, 4
Восточный пролив	1, 3
Река Сулак	1
Канал Самур-Дербент	1
Река Нугуш	3
Река Радомля	3, 4
Река Плюсса	1
Река Великая	1

**Гидрологические факторы** на рассматриваемых участках следующие.

(u) – уровни воды в водотоке, как фактические, так и расчетные, их значения входят в состав расчета высоты надводной части опор, а также мощности насыпи в пойменной части. Наибольшие уровни воды, а также изменение уровней от фактических к расчетным наблюдается на реках Неман, Великая, Восточный пролив, и на канале Самур-Дербент.

(g) – фактор глубины потока, это значение входит в состав расчета подводной части опор. Глубина потока будет значительно влиять на расчет на реках Неман, Великая, Восточный пролив, канал Самур-Дербент.

(r) – ширина русла имеет значение при определении количества промежуточных опор. Наибольшая ширина русел на таких реках как Неман, Великая, канале Самур-Дербент и на Восточном проливе.

(t) (i) – наибольшее значение из гидрологических факторов играет воздействие течений, волн и льда. Всё эти данные в обязательном порядке входят в состав расчет схем, эти значения влияют на выбор количества промежуточных опор, их типа и конструктивных особенностей, а также выбора способа их укрепления. Наибольшие течения и волновые воздействия возможны на реках Неман, Великая, Восточный пролив, канал Самур-Дербент. А воздействие льда не играет никакой роли лишь на площадках в республике Дагестан, так как среднемесячные температуры за год не опускаются ниже 0°.

*Геологические и инженерно-геологические процессы*, отрицательно влияющие на условия строительства и эксплуатации мостовых переходов.

*(tr) - Наличие грунтов способных к тиксотропному разуплотнению.*

Исходя из лабораторных данных, и выполненных расчетов (Приложение 11. Таблица 17) следует, что на исследуемых участках возможно проявление тиксотропных свойств в суглинках тугопластичных (ИГЭ-2) озерно-ледникового генезиса на реке Великой и в глинах тугопластичных (ИГЭ-2) аллювиально-делювиального генезиса на реке Нугуш.

*(p) - Морозное пучение грунтов.*

В результате произведенной оценки грунтов, слагающих исследуемые участки (Приложение 10) можно сделать вывод о том, что на участках возведения мостов через ручей на км 39+722 автомобильной дороги А-216, Восточный пролив, реки Нугуш, Радомля, Плюсса, Великая присутствуют грунты подверженные промерзанию и проявлению пучинистых свойств.

*(y) – Донная и боковая эрозия, а также (z) – плоскостной смыв.*

Влияют на изменение морфологии русла и глубины потока, что в свою очередь ведет к изменению расчета высоты подводной части опор. Развита повсеместно на всех участках, в большей или меньшей степени. Наибольшее проявление эрозии возможно на реках Нугуш, Неман, Радомля, Восточном проливе. Плоскостной смыв большее влияние оказывает на реке Нугуш, в меньшей степени на реках Сулак, Радомля и в ручье на км 39 дороги А-216.

*(c) – Затопление.*

Затопление возможно повсеместно на всех исследуемых площадках. Для избегания негативных последствий от данного процесса необходимо увеличить высоту надводной части опор, предусмотреть дренажные береговые системы, а также защиту берегов от заболачивания. При проектировании и разработки проектной документации необходимо руководствоваться СП116.13330.2012 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов», а также СП104.13330.2012 «Инженерная защита территорий от затопления и подтопления»

*(d) – Склоновые процессы.*

Склоновые процессы из всех исследуемых площадок возможны лишь на реке Нугуш. Это ведет за собой необходимость расчета устойчивости склонов и фундаментов опор против опрокидывания сдвигу.

*(ms) – Механическая суффозия.*

В результате анализа гранулометрического состава песчаных грунтов на исследуемых участках, расчета показателя неоднородности, гидравлического градиента и начальной скорости потока фильтрации, было выяснено, что на всех участках грунты подверженные суффозионному выносу частиц отсутствуют (Приложение 19)

(dr) – Деформация русла и берегов рек.

Прогнозирование деформаций русел рек следует выполнять на основании комплексных исследований гидрологического режима реки и морфологического строения русла с учетом типа руслового процесса, геологических условий, динамики развития целостных морфологических структур русла и поймы: макроформ (пойменных массивов, речных излучин, островов), мезоформ (ленточных гряд, побочней, осередков), микроформ (гряд).

При этом, необходимо учитывать характеристики средней скорости смещения мезоформ (ленточных гряд, побочней, осередков) за многолетний период; средней скорости размыва берегов за многолетний период; средней сезонной деформации плёсов; максимальной прогнозируемой глубины русла в створе за срок службы перехода.

Необходимость выполнения расчетов указанных характеристик определяется для каждого перехода в отдельности в зависимости от типа руслового процесса, размеров реки, геологических условий, ограничивающих деформации русла, и конструктивных особенностей перехода.

Оценка и прогноз деформаций русла (берегов водоемов) включают в себя: описание гидроморфологической характеристики участка перехода; тип руслового процесса; деформации русла и поймы; профиль предельного размыва русла за 25 лет.

(k) – Карстовые процессы.

Наиболее интенсивно развит карст в приречных зонах (на террасах, склонах долин, в краевых частях водоразделов), где покрывающие отложения частично или полностью размыты. Развитию карста способствуют также высокие градиенты подземного потока и выходы подземных вод в руслах рек и береговых откосах.

В связи с этим необходим прогноз развития карстового процесса (качественный и количественный) который включает:

- прогноз скорости растворения пород;
- временной прогноз (ожидаемый срок образования провала на данной площадке, вероятность образования провалов за заданный срок, скорость развития комплекса карстовых форм и т.п.);

- пространственный прогноз (ожидаемый участок образования провала, вероятность образования провала на заданном участке территории);

- ожидаемые размеры провалов на поверхности земли или в основании сооружений (их глубина, диаметры, конфигурация и т.п.).

Прогнозируемые параметры поверхностных карстовых проявлений следует определять расчетами, с использованием аналитических и (или) вероятностно-статистических методов, на основе анализа распределений ожидаемых карстовых провалов по величине их средних и максимальных диаметров и средней глубине, а также с использованием аналогий.

*Гидрогеологические условия участков* в совокупности с другими факторами влияет на ИГУ исследуемых участков и характеризуются следующими особенностями.

1) На всех площадках водоносный горизонт гидравлически связан с поверхностным водотоком, что требует выполнения расчета изменения уровня грунтовых вод в связи с изменением уровня в водотоке.

2) На площадках мостовых переходов через реки Нугуш, Радомля, Неман, Восточный пролив возможно возникновения временного горизонта грунтовых вод типа «верховодка» и образования зеркала свободной воды. Поэтому необходимо предусмотреть береговую дренажную систему для исключения подтопления и заболачивания территории.

3) Подъем уровня грунтовых вод способствует взвешиванию пылеватых водонасыщенных песков и как следствие опасность возникновения пывунных процессов, что возможно на площадках рек Радомля и Плюсса.

4) Необходимо учитывать агрессивность грунтовых вод по отношению к стали, свинцу, алюминию и бетону, на всех площадках грунтовые воды обладают средней и высокой коррозионной агрессивностью

Таким образом, из рассмотренных факторов, определивших характерные, типичные для исследуемых районов инженерно-геологические особенности, выбраны основные из них – типобразующие, которые будут определять типизацию по инженерно-геологическим условиям участков возведения мостовых переходов в рассматриваемых регионах России. Классификационными типобразующими признаками являются: структурно-тектонические условия; типы пород, слагающих геологические разрезы исследуемых участков: геолого-генетические типы коренных и поверхностных отложений, литологические разновидности грунтов; гидрогеологические особенности; геоморфологические и гидрологические условия; природные и техногенные геологические процессы.

## 4.2 Типизация инженерно-геологических условий участков возведения мостовых переходов по выбранным классификационным признакам

Как следует из предыдущих глав, из рассмотренных факторов, определивших характерные, типичные для исследуемых районов инженерно-геологические особенности, выбраны основные из них – типобразующие, которые будут определять типизацию по инженерно-геологическим условиям участков возведения мостовых переходов в рассматриваемых регионах России. Классификационными типобразующими признаками являются: структурно-тектонические условия; типы пород, слагающих геологические разрезы исследуемых участков: геолого-генетические типы коренных и поверхностных отложений, литологические разновидности грунтов; гидрогеологические особенности; геоморфологические и гидрологические условия; природные и техногенные геологические процессы.

Изучение ИГУ территорий выявило различное значение классификационных признаков, влияющих на процедуру инженерно-геологической типизации рассматриваемых участков; при этом, роль каждого из них определяется, прежде всего, особенностями грунтов, слагающих геологический разрез конкретного участка.

На основе изучения инженерно-геологических разрезов участков, в пределах каждого из них были выбраны типы в соответствии с характерными типами схем «напластований» для целей строительства, исходя из рекомендаций (Долматов, 2006) (Приложение 21). При этом учитывалось наличие в разрезе дисперсных и прочных скальных грунтов в соответствии с их деформативными характеристиками Рис.8, 9 (ГОСТ 25100-2011).

А	$E < 5$ очень сильно деформируемые
Б	$5 < E < 10$ сильно деформируемые
В	$10 < E < 50$ средне деформируемые
Г	$E > 50$ слабо деформируемые

Рис.8 Типы напластований дисперсных грунтов (E –модуль деформации, МПа)

Скальные		Полускальные	
а	$R_c > 120$ очень прочные	д	$5 > R_c > 3$ пониженной прочности
б	$120 > R_c > 50$ прочные	е	$3 > R_c > 1$ низкой прочности
в	$50 > R_c > 15$ средней прочности	ж	$R_c < 1$ очень низкой прочности
з	$15 > R_c > 5$ малопрочные		

Рис. 9. Типы напластований скальных грунтов ( $R_c$  – предел прочности на одноосное сжатие, МПа)

Инженерно-геологическая типизация разрезов, на основе выделенных типов напластований, на участках мостовых переходов приведена ниже.

Тун 1			Тун 3		
ИГЭ-3	$E = 55 \text{ МПа}$	Г	ИГЭ-2	$E < 5 \text{ МПа}$	А
ИГЭ-4	$R_c = 76 \text{ МПа}$	б	ИГЭ-4	$R_c = 76 \text{ МПа}$	б

Рис.10 Типы инженерно-геологических разрезов на участке моста через Восточный пролив (А – очень сильнодеформируемые дисперсные грунты, Г – слабодеформируемые дисперсные грунты, б – прочные скальные грунты)

Тун 1			Тун 4		
ИГЭ-5	$E = 39 \text{ МПа}$	В	ИГЭ-5	$E = 39 \text{ МПа}$	В
ИГЭ-12	$E = 55 \text{ МПа}$	Г	ИГЭ-6	$E = 17 \text{ МПа}$	В
ИГЭ-14	$E = 11 \text{ МПа}$	В	ИГЭ-7	$E = 6 \text{ МПа}$	Б
ИГЭ-15	$E = 12 \text{ МПа}$		ИГЭ-9	$E = 30 \text{ МПа}$	В
ИГЭ-16	$R_c = 10 \text{ МПа}$	з	ИГЭ-11	$E = 34 \text{ МПа}$	В
			ИГЭ-12	$E = 55 \text{ МПа}$	Г

Рис.11 Типы инженерно-геологических разрезов на участке моста через реку Неман (Б – сильнодеформируемые дисперсные грунты, В – среднедеформируемые дисперсные грунты, Г – слабодеформируемые дисперсные грунты, г – малопрочные скальные грунты)

## Тип 1

ИГЭ-2	E=30МПа	В
ИГЭ-3	E=25МПа	
ИГЭ-2	E=30МПа	
ИГЭ-4	E=32МПа	
ИГЭ-2	E=30МПа	

Рис.12 Типы инженерно-геологических разрезов на участке моста через ручей на км 39+722 автомобильной дороги А-216 (В – среднедеформируемые дисперсные грунты).

## Тип 1

ИГЭ-1	E=21МПа	В
ИГЭ-2	E=45МПа	

Рис. 13 Типы инженерно-геологических разрезов на участке моста через канал Самур-Дебент (В – среднедеформируемые дисперсные грунты).

## Тип 1

ИГЭ-2	E=45МПа	В
ИГЭ-3	E=45МПа	

Рис. 14 Типы инженерно-геологических разрезов на участке моста через реку Сулак (В – среднедеформируемые дисперсные грунты).

### Тип 3

ИГЭ-2	$E=5\text{МПа}$	А
ИГЭ-3	$E=2\text{МПа}$	
ИГЭ-4	$E=7\text{МПа}$	Б
ИГЭ-6	$R_c=160\text{МПа}$	а

Рис.15 Типы инженерно-геологических разрезов на участке моста через реку Нугуш (А – очень сильнодеформируемые дисперсные грунты, Б – сильнодеформируемые дисперсные грунты, а – очень прочные скальные грунты).

### Тип 4

Тип 3			ИГЭ-3	$E=11\text{МПа}$	Б
ИГЭ-2	$E<5\text{МПа}$	А	ИГЭ-5	$E<5\text{МПа}$	А
ИГЭ-4	$E=30\text{МПа}$		ИГЭ-3	$E=11\text{МПа}$	Б
ИГЭ-3	$E=11\text{МПа}$		ИГЭ-6	$E<5\text{МПа}$	А
ИГЭ-7	$E=15\text{МПа}$		ИГЭ-7	$E=15\text{МПа}$	Б

Рис.16 Типы инженерно-геологических разрезов на участке моста через реку Радомля (А – очень сильнодеформируемые дисперсные грунты, Б – среднедеформируемые дисперсные грунты)

## Тип 1

ИГЭ-2	$E=35\text{МПа}$	В
ИГЭ-3	$E=24\text{МПа}$	
ИГЭ-6	$E=23\text{МПа}$	
ИГЭ-7	$E=11\text{МПа}$	
ИГЭ-8	$E=40\text{МПа}$	
ИГЭ-9	$E=40\text{МПа}$	

Рис.17 Типы инженерно-геологических разрезов на участке моста через реку Плюсса (В – среднедеформируемые дисперсные грунты)

## Тип 1

ИГЭ-3	$E=37\text{МПа}$	В
ИГЭ-4	$E=52\text{МПа}$	Г
ИГЭ-5	$E>50\text{МПа}$	в
ИГЭ-6	$R_c=40\text{МПа}$	

Рис.18 Типы инженерно-геологических разрезов на участке моста через реку Великая (В – среднедеформируемые дисперсные грунты, Г – слабдеформируемые дисперсные грунты, в – скальные грунты средней прочности)

Выделенные типы инженерно-геологических разрезов сведены в таблицу 4. Для рассмотренных типов грунтовых условий могут быть предложены различные варианты оснований и фундаментов. Окончательный выбор оснований и фундаментов будет осуществляться путём технико-экономического сравнения вариантов (стоимости, трудоёмкости, затрат материалов, особенности сооружения, простоты производства работ).

На основе факторов (определяющих инженерно-геологические условия участков мостовых переходов), выступающих в роли классификационных признаков, где основную значимость для обоснования сооружений имеют типы инженерно-геологических разрезов, составлена «Схема инженерно-геологической типизации условий исследуемых участков возведения мостовых переходов» (Приложение 20, Таблица 26).

Проведённая инженерно-геологическая типизация условий исследуемых участков возведения мостовых переходов может служить основой для инженерно-геологического районирования с целью выделения участков территории, обладающих набором рассмотренных в работе факторов, определяющих комплекс инженерных решений, технологию их осуществления и безопасную эксплуатацию сооружений.

## Заключение

Таким образом, в магистерской работе были изучены вопросы, рассматривающие особенности инженерно-геологических условий территории, принципы их инженерно-геологического районирования и типизации. Учитывая, что основная цель работы: взаимодействие геологической среды с сооружением, в качестве которого выступают мостовые переходы, рассмотрены их специфические особенности, как инженерных сооружений. Дана оценка инженерно-геологических условий участков изысканий в Ленинградской, Псковской, Московской, Калининградской областях, Республики Дагестан и Башкортостан.

В результате анализа литературного и фондового материала, а также данных, полученных в процессе полевых и лабораторных исследований при инженерно-геологических изысканиях, установлены особенности ИГУ, сформированные при влиянии определённых факторов (признаков) и типичные для каждого рассматриваемого участка. Эти факторы были выбраны в качестве классификационных признаков (типообразующих факторов) при инженерно-геологической типизации участков. Каждому классификационному (типообразующему фактору) присвоен определённый индекс, учитывающийся при составлении схемы инженерно-геологической типизации условий участков мостовых переходов.

## Литература

### Монографии:

1. Бевзюк В.М. Взаимодействие транспортных сооружений с инженерно-геологической средой: Учебное пособие. – Ленинградский ин-т инженеров железнодорожного транспорта. Л.: 1989. 34 с
2. Богданов А.А., Лейтес А.М., Павловский Е.В. Вопросы сравнительной тектоники древних платформ. М: Изд-во Наука, 1964 г., 155 с
3. Бондарик Г.К. Основы теории изменчивости инженерно-геологических свойств горных пород. М.: Недра. 1971. 271 с
4. Гидрогеология СССР. Том 1. Московская, Калининская, Ярославская, Владимирская, Рязанская, Тульская, Калужская, Смоленская области. Под ред. Соколова Д.С. - М.: Изд-во Недра, 1966г, - 423с
5. Гидрогеология СССР. Том 3. Ленинградская, Псковская и Новгородская области. Под ред. Зайцева И.К. - М.: Изд-во Недра, 1967г, - 325с
6. Гидрогеология СССР. Том 9. Северный Кавказ. Под ред. Григорьева Н.А. – М.: Изд-во Недра, 1968г, - 488с
7. Гидрогеология СССР. Том 15. Башкирская ССР. Под ред. Зуброва Е.А. – М.: Изд-во Недра, 1972г, - 344с
8. Гидрогеология СССР. Том 45. Калининградская область. Под ред. Кондратас А.Р. – М.: Изд-во Недра, 1970г, - 158с
9. Гиршгорн Л.Ш., Жамойда А.И., Ковалевский О.П. Олейников А.Н., Прозоровская Е.Л., Храмов А.Н., Шкатова В.К. Стратиграфический кодекс. ФГУП «ВСЕГЕИ», Санкт-Петербург, 2006г, 96 с
10. Голодковская Г.А. Инженерно-геологические карты как основа прогноза изменения геологической среды // Методы типизации и картирования геологической среды городских агломераций для решения задач планирования инженерно-хозяйственной деятельности. – М.: МосЦТИСИЗ, 1981. – С.50-54.
11. Гуменский Б.М. Основы физико-химии глинистых грунтов и их использование в строительстве. Л.;М.: Издательство литературы по строительству, 1965, 255 с.
12. Долматов Б.И. «Проектирование фундаментов зданий и подземных сооружений». Учебное пособие. 3-е издание - М: Изд-во АСВ; СПб: СПбГАСУ, 2006г. - 428 с.
13. Захаров М.С. Системный анализ в региональной инженерной геологии. Учебное пособие. Л., изд. ЛГИ, 1980, 89 с.
14. Иванов И.П., Тржцинский Ю.Б. Инженерная геодинамика. – СПб.: Наука, 2001,

15. Инженерная геология СССР. В 8-ми томах. Т.8. Кавказ, Крым, Карпаты. М., Изд-во Моск.ун-та, 1978г. –366с.
16. Инженерная геология СССР. В 8-ми томах. Т.1.Русская платформа. М., Изд-во Моск. ун-та, 1978. –528с.
17. Ипатов П.П. Региональная инженерная геология: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 140 с.
18. Кирюхин В.А., Норова Л.П. Региональная инженерная геология. – СПб., 2004. –  
Гуменский Б.М. Основы физико-химии глинистых грунтов и их использование в строительстве. Л.;М.: Издательство литературы по строительству, 1965, 255 с.
19. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Специальная инженерная геология. Л.,  
Недра, 1978. 496с.
20. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Специальная инженерная геодинамика. –  
Л.: Недра, 1977. 479с
21. Мангушев Р.А., Карлов В.Д., Сахаров И.И. Механика грунтов. М.: Издательство  
Ассоциации строительных вузов, 2009. - 264 с.
22. Милановский Е.Е. Новейшая тектоника Кавказа. М.: Недра, 1968. - 483с.
23. Милановский Е.Е. Геология России и ближнего зарубежья: Учебник. – М.: Изд-  
во МГУ, 1996. - 448с.
24. Трофимов В.Т. Инженерно-геологическое районирование (теория и практика). -  
М., Издание ВИЭМС, 1989. 56 с
25. Трофимов В.Т. Теоретические аспекты грунтоведения. - М.: Изд-во МГУ, 2003, -  
114с
26. Федотов Г.А. Изыскания и проектирование мостовых переходов: учебное  
пособие. М.: Издательский центр «Академия». 2010. – 304с

*Статьи в сборниках:*

1. Завершинская Д. В. Выбор классификационных признаков для инженерно-геологической типизации участков возведения мостовых переходов в различных инженерно-геологических условиях. Сборник тезисов. Всероссийская научно-практическая молодежная конференция: «Современные исследования в геологии» 25-27 марта 2016 г. Санкт-Петербург. 2016. С 106-07.
2. Корвет Н.Г., Завершинская Д.В. Основные факторы, определяющие инженерно-геологическую типизацию участков возведения мостовых переходов//Естественные и математические науки в современном мире/Сб. статей по материалам ХLI международной научно-практической конференции.

*Нормативные документы:*

1. ГОСТ 9.602-2005 ЕСЗКС. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии
2. ГОСТ 20522-96 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний.
3. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация
4. ГОСТ 31384-2008 Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии
5. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ.
6. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов.
7. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть III. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов
8. СП 14.13330.2014 Строительство в сейсмических районах. (Актуализированная редакция СНиП II-7-81)
9. СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений. (Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83)
10. СП 28.13330.2012 Защита строительных конструкций от коррозии. (Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85)
11. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. (Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85)
12. СП 35.13330.2012 Мосты и трубы. (Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84)
13. СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. (Актуализированная редакция СНиП 11-02-96)
14. СП 115.13330.2011 Геофизика опасных природных воздействий (Актуализированная редакция СНиП 22-01-95)
15. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. (Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003)
16. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. (Актуализированная редакция СНиП 23-01-99)

*Фондовые материалы:*

1. Технический отчет. Инженерно-геологические изыскания. Капитальный ремонт моста через реку Неман на км 61+188 автомобильной дороги А-216 Гвардейск-Неман до границы с Литовской Республикой (через Шяуляй, Елгаву на Ригу), Калининградская область. 2015г. Архив ООО «Проект-Строй».
2. Технический отчет. Инженерно-геологические изыскания. Капитальный ремонт моста через ручей на км 39+722 автомобильной дороги А-216 Гвардейск – Неман – граница с Литовской Республикой, Калининградская область. 2015г. Архив ООО «Проект-Строй».
3. Технический отчет. Инженерно-геологические изыскания. Капитальный ремонт моста через Восточный пролив на км 144+623 автомобильной дороги А-181 «Скандинавия» Санкт-Петербург – Выборг – граница с Финляндской Республикой, Ленинградская область. 2015г. Архив ООО «Проект-Строй».
4. Технический отчет. Инженерно-геологические изыскания. Проведение проектных и изыскательских работ на капитальный ремонт искусственных сооружений на действующей сети автомобильных дорог общего пользования федерального значения. Мост через канал Самур-Дербент на км 962+640 автомобильной дороги Р-217 "Кавказ" а/д М-4 "Дон" Владикавказ-Грозный-Махачкала-граница с Азербайджанской Республикой, Республика Дагестан. 2015г. Архив ООО «Проект-Строй».
5. Технический отчет. Инженерно-геологические изыскания. Проведение проектных и изыскательских работ на капитальный ремонт искусственных сооружений на действующей сети автомобильных дорог общего пользования федерального значения. Мост через реку Сулак на км 444+550 автомобильной дороги Р-215 Астрахань – Кочубей – Кизляр – Махачкала. 2015г. Архив ООО «Проект-Строй».
6. Технический отчет. Инженерно-геологические изыскания. Мост через реку Нугуш на км 1345+613 автомобильной дороги «Урал» Москва – Рязань – Пенза-Самара- Уфа -Челябинск (старое направление), Республика Башкортостан. 2015г. Архив ООО «Проект-Строй».
7. Технический отчет. Инженерно-геологические изыскания. Капитальный ремонт моста через реку Радомля на км 47+335 автомобильной дороги М-10 «Россия» Москва – Тверь – Великий Новгород – Санкт-Петербург, Московская область. 2015г. Архив ООО «Проект-Строй».
8. Технический отчет. Инженерно-геологические изыскания. Капитальный ремонт

моста через реку Плюсса на км 193+070 автомобильной дороги Р-23 Санкт-Петербург - Псков – Пустошка – Невель - граница с Республикой Белоруссия, Псковская область. 2015г. Архив ООО «Проект-Строй».

9. Технический отчет. Инженерно-геологические изыскания. Ремонт моста через реку Великая на км 335+200 автомобильной дороги Р-23 Санкт-Петербург - Псков – Пустошка – Невель - граница с Республикой Белоруссия (разборка моста), Псковская область. 2015г. Архив ООО «Проект-Строй».

## Приложения

Приложение 1

СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть 1. Общие правила производства работ. Приложение Б  
(обязательное)

Таблица 1

Категории сложности инженерно-геологических условий

Факторы	I (простая)	II (средней сложности)	III (сложная)
Геоморфологические условия	Площадка (участок) в пределах одного геоморфологического элемента. Поверхность горизонтальная, нерасчлененная	Площадка (участок) в пределах нескольких геоморфологических элементов одного генезиса. Поверхность наклонная, слабо расчлененная	Площадка (участок) в пределах нескольких геоморфологических элементов разного генезиса. Поверхность сильно расчлененная
Геологические в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой	Не более двух различных по литологии и слоев, залегающих горизонтально или наклонно (уклон не более 0,1). Мощность выдержана по простиранию. Незначительная степень неоднородности слоев по показателям свойств грунтов, закономерно изменяющихся в плане и по глубине. Скальные грунты залегают с поверхности или перекрыты маломощным слоем нескальных грунтов	Не более четырех различных по литологии и слоев, залегающих наклонно или с выклиниванием. Мощность изменяется закономерно. Существенное изменение характеристик свойств грунтов в плане или по глубине. Скальные грунты имеют неровную кровлю и перекрыты нескальными грунтами	Более четырех различных по литологии и слоев. Мощность резко изменяется. Линзовидное залегание слоев. Значительная степень неоднородности по показателям свойств грунтов, изменяющихся в плане или по глубине. Скальные грунты имеют сильно расчлененную кровлю и перекрыты нескальными грунтами. Имеются разломы разного порядка
Гидрогеологические в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой	Подземные воды отсутствуют или имеется один выдержанный горизонт подземных вод с однородным химическим составом	Два и более выдержанных горизонтов подземных вод, местами с неоднородным химическим составом или обладающих напором и содержащих загрязнение	Горизонты подземных вод не выдержаны по простиранию и мощности, с неоднородным химическим составом или разнообразным загрязнением. Местами сложное

Факторы	I (простая)	II (средней сложности)	III (сложная)
			чередование водоносных и водоупорных пород. Напоры подземных вод и их гидравлическая связь изменяются по простиранию
Геологические и инженерно-геологические процессы, отрицательно влияющие на условия строительства и эксплуатации зданий и сооружений	Отсутствуют	Имеют ограниченное распространение и (или) не оказывают существенного влияния на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов	Имеют широкое распространение и (или) оказывают решающее влияние на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов
Специфические грунты в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой	Отсутствуют	Имеют ограниченное распространение и (или) не оказывают существенного влияния на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов	Имеют широкое распространение и (или) оказывают решающее влияние на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов
Техногенные воздействия и изменения освоенных территорий	Незначительные и могут не учитываться при инженерно-геологических изысканиях и проектировании	Не оказывают существенного влияния на выбор проектных решений и проведение инженерно-геологических изысканий	Оказывают существенное влияние на выбор проектных решений и осложняют производство инженерно-геологических изысканий в части увеличения их состава и объемов работ

**Примечание-** Категории сложности инженерно-геологических условий следует устанавливать по совокупности факторов, указанных в настоящем приложении. Если какой-либо отдельный фактор относится к более высокой категории сложности и является определяющим при принятии основных проектных решений, то категорию сложности инженерно-геологических условий следует устанавливать по этому фактору. В этом случае должны быть увеличены объемы или дополнительно предусмотрены только те виды работ, которые необходимы для обеспечения выяснения влияния на проектируемые здания и сооружения именно данного фактора.

## Особенности геоморфологических условий участков

Название объекта	Абсолютные отметки				Абсолютные отметки земли по данным абсолютной привязки устьев скважин, м		Углы наклона склонов, градусы	Ширина реки, м
	Min, м	Max, м	бровок бортов водотока, м	в русле водотока, м	Min, м	Max, м		
Мост через ручей на км 39 автомобильной дороги А-216	4,3	7,5	4,9 – 5,6	4,3 – 5,2	4,7	7,2	Левый – 20,5 Правый – 25,5	1,4
Мост через реку Неман	2,8	14,8	8,2 – 8,8	(-0,9) – 1,5	-0,9	11,2	2,5	262,4
Мост через Восточный пролив	-0,9	6,6	4,6 – 5,2	-6,7	6,3	6,7	Левый – 7 Правый – 6	120,0
Мост через реку Сулак	-26,2	-20,0	-24,9 – (-25,8)	(-29,7) – (-30,2)	-30,2	-21,0	2,0	8,4
Мост через канал Самур-Дербент	47,3	51,2	50,8 – 51,0	45,1 – 45,2	47,6	51,0	Левый – 22,3 Правый – 12,0	130,4
Мост через реку Нугуш	190,0	194,5	191,3 – 191,5	190,0	191,0	194,4	52,5	3,8
Мост через реку Радомля	186,6	206,1	187,7 – 189,0	186,0	187,1	188,5	22,0	8,0
Мост через реку Плюсса	52,5	58,7	55,5	52,5 – 53,1	54,1	58,0	Левый – 5,0 Правый – 6,0	9,2
Мост через реку Великая	51,2	61,6	52,5 – 54,9	44,4 – 47,3	52,6	55,5	Левый – 11,0 Правый – 14,5	124,0

## Особенности климатических условий участков

Название объекта	Среднег одовая темпера тура воздуха	Среднемеся чная температура самого холодного месяца	Среднемеся чная температура самого тёплого месяца	Годовая сумма осадков, мм	Период наибольшего выпадения количества осадков	Ветровой режим	Дорожно- климатическая зона	Характер и степень увлажнени я
Мост через ручей на км 39 автомобильной дороги А-216	+7,7	-1,9	+18,1	800-850	апрель-октябрь	З, ЮЗ, ЮВ	II	2
Мост через реку Неман	+7,7	-1,9	+18,1	800-850	апрель-октябрь	З, ЮЗ, ЮВ	II	2
Мост через Восточный пролив	+5,4	-6,6	+18,3	677	апрель-октябрь	ЮЗ	II	2
Мост через реку Сулак	+12,3	+0,6	+24,6	200-800	май-сентябрь	Ю, ЮЗ	V	2
Мост через канал Самур- Дербент	+13,0	+2,2	+24,9	200-800	май-сентябрь	Ю, ЮЗ	V	2
Мост через реку Нугуш	+1,5	-18,0	+18,0	300-600	апрель-октябрь	З, ЮЗ, ЮВ	III	2
Мост через реку Радомля	+6,5	-7,7	+20,4	500-700	апрель-октябрь	Ю, ЮЗ	II	3
Мост через реку Плюсса	+5	-7,8	+17,3	625	апрель-октябрь	Ю, ЮЗ, ЮВ, З	II	2
Мост через реку Великая	+5	-7,8	+17,3	625	апрель-октябрь	Ю, ЮЗ, ЮВ, З	II	2

Карты ОСР-97-А, ОСР-97-В и ОСР-97-С отражают 10%-, 5%- и 1%-ную вероятность возможного превышения (или 90%-, 95%- и 99%-ную вероятность непревышения) в течение 50 лет интенсивности сейсмических воздействий, указанных на картах цифрами в баллах шкалы MSK-64, и соответствуют повторяемости сейсмических сотрясений в среднем один раз в 500 (карта А), 1000 (В) и 5000 (С) лет. (СП 14.13330.2014).

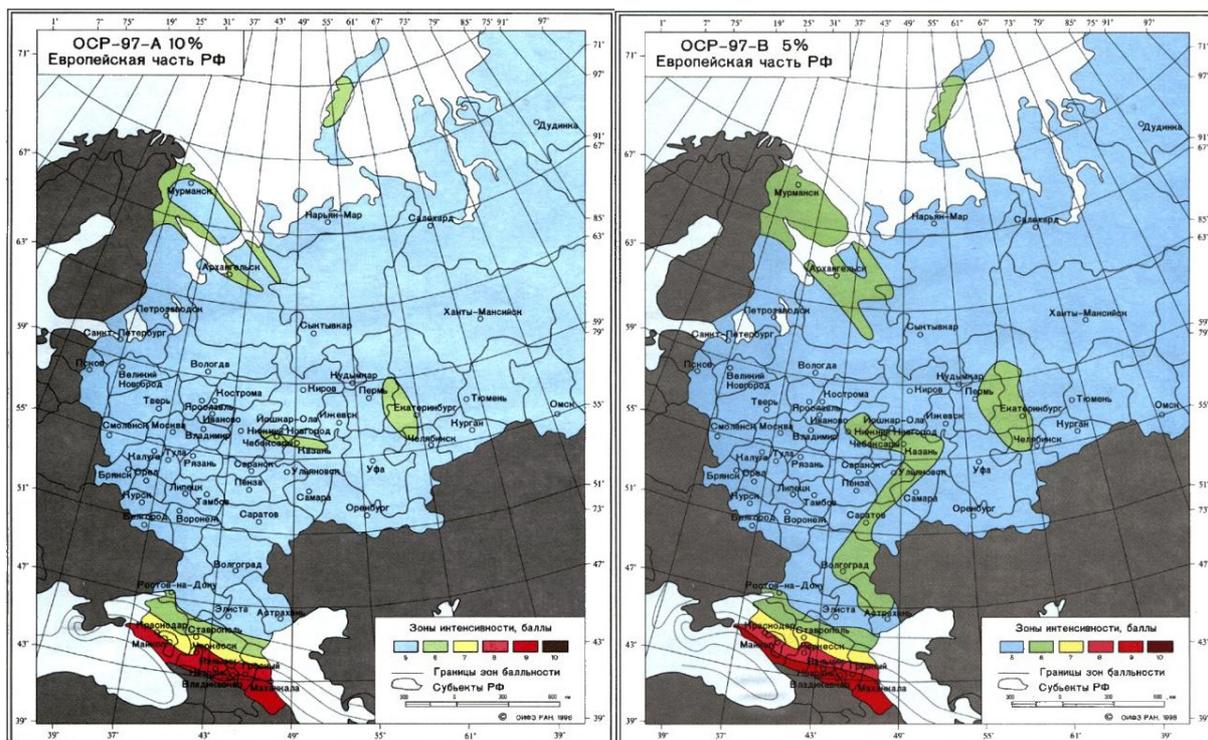


Рис. 1 Карта ОСР-97-А 10%

Рис.2 Карта ОСР-В 5%

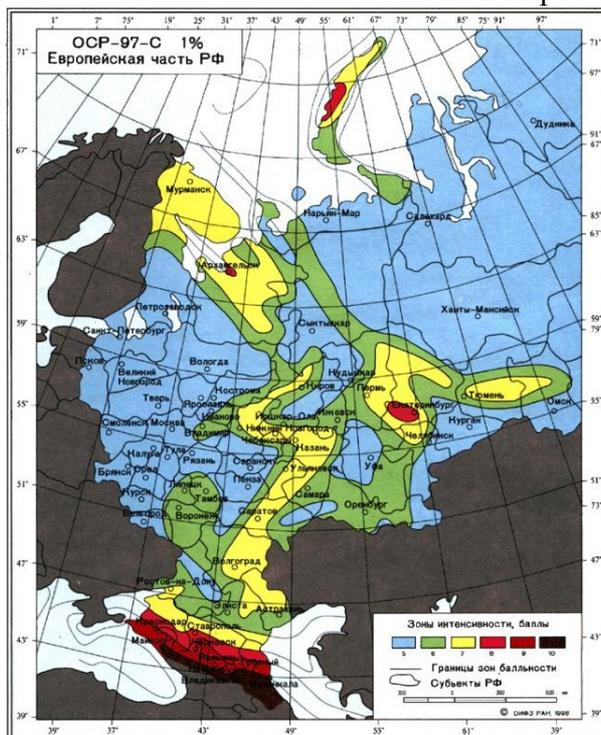


Рис.3 Карта ОСР-С 1%

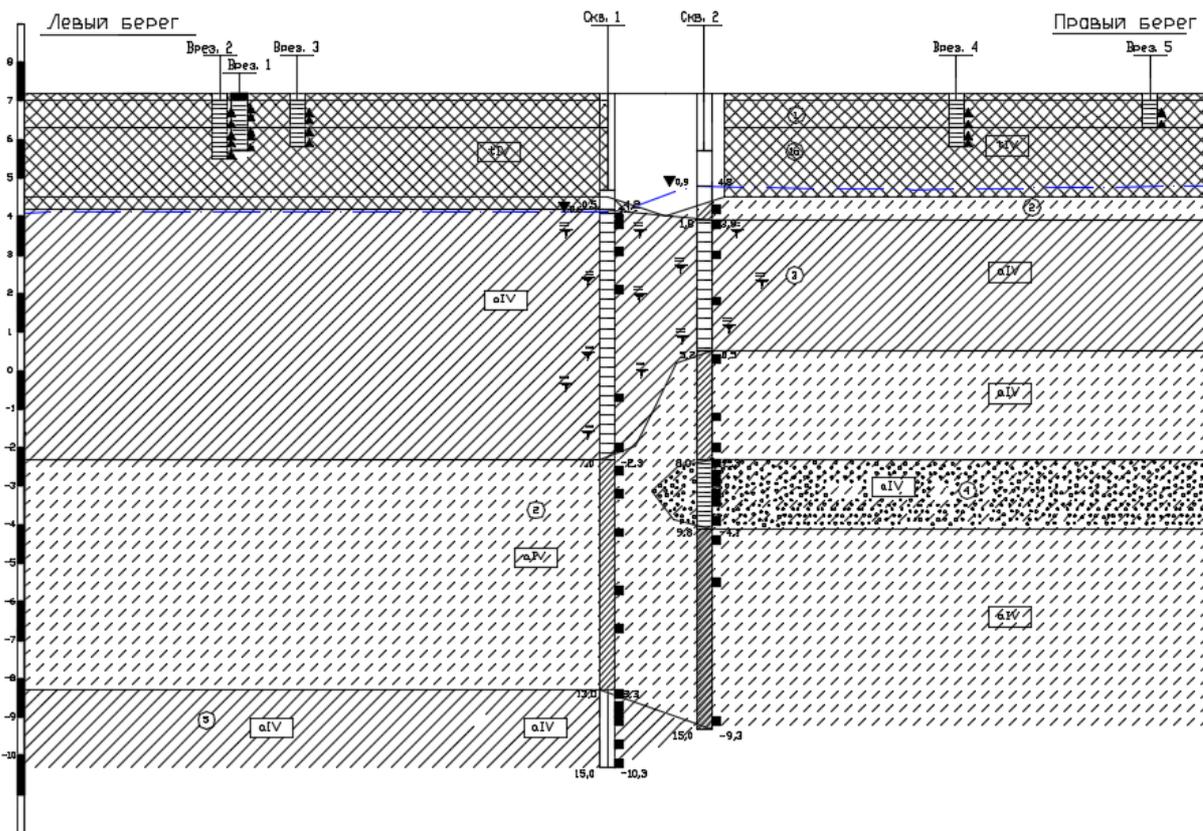


Рис. 4. Схема инженерно-геологического разреза на участке мостового перехода через ручей на км 39+722 автомобильной дороги А-216

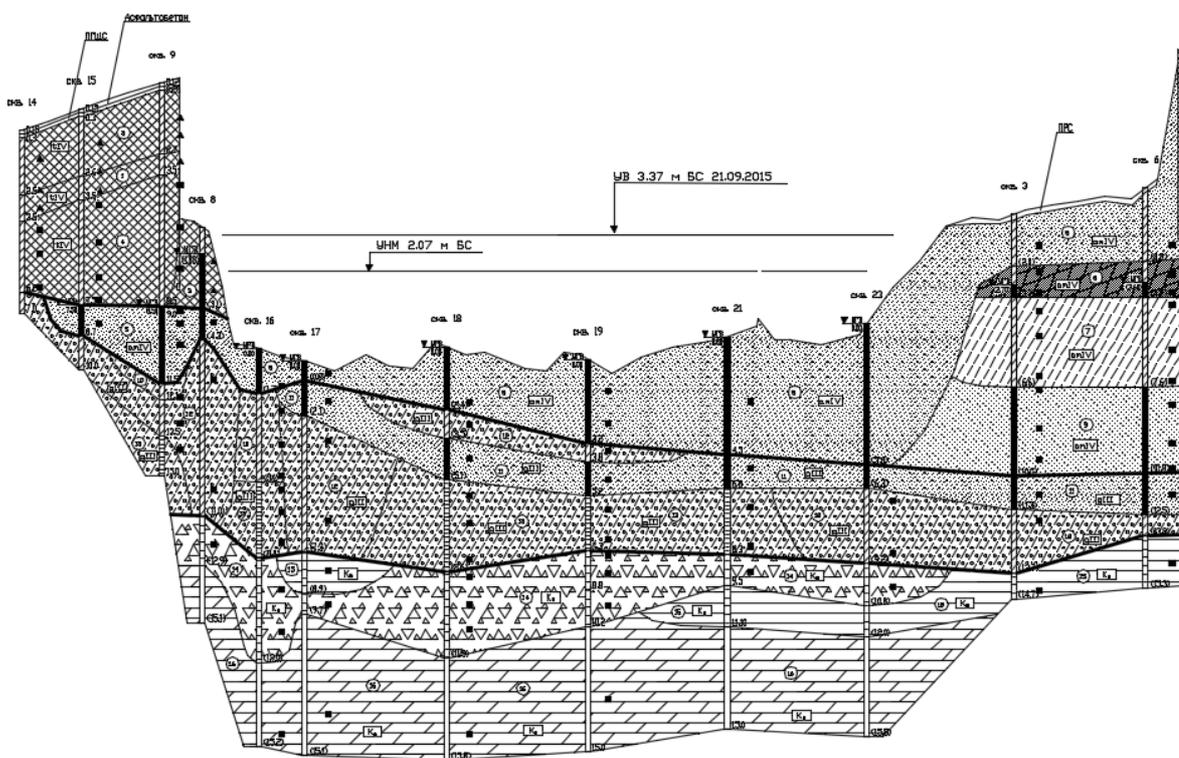


Рис. 5. Схема инженерно-геологического разреза на участке мостового перехода через реку Неман

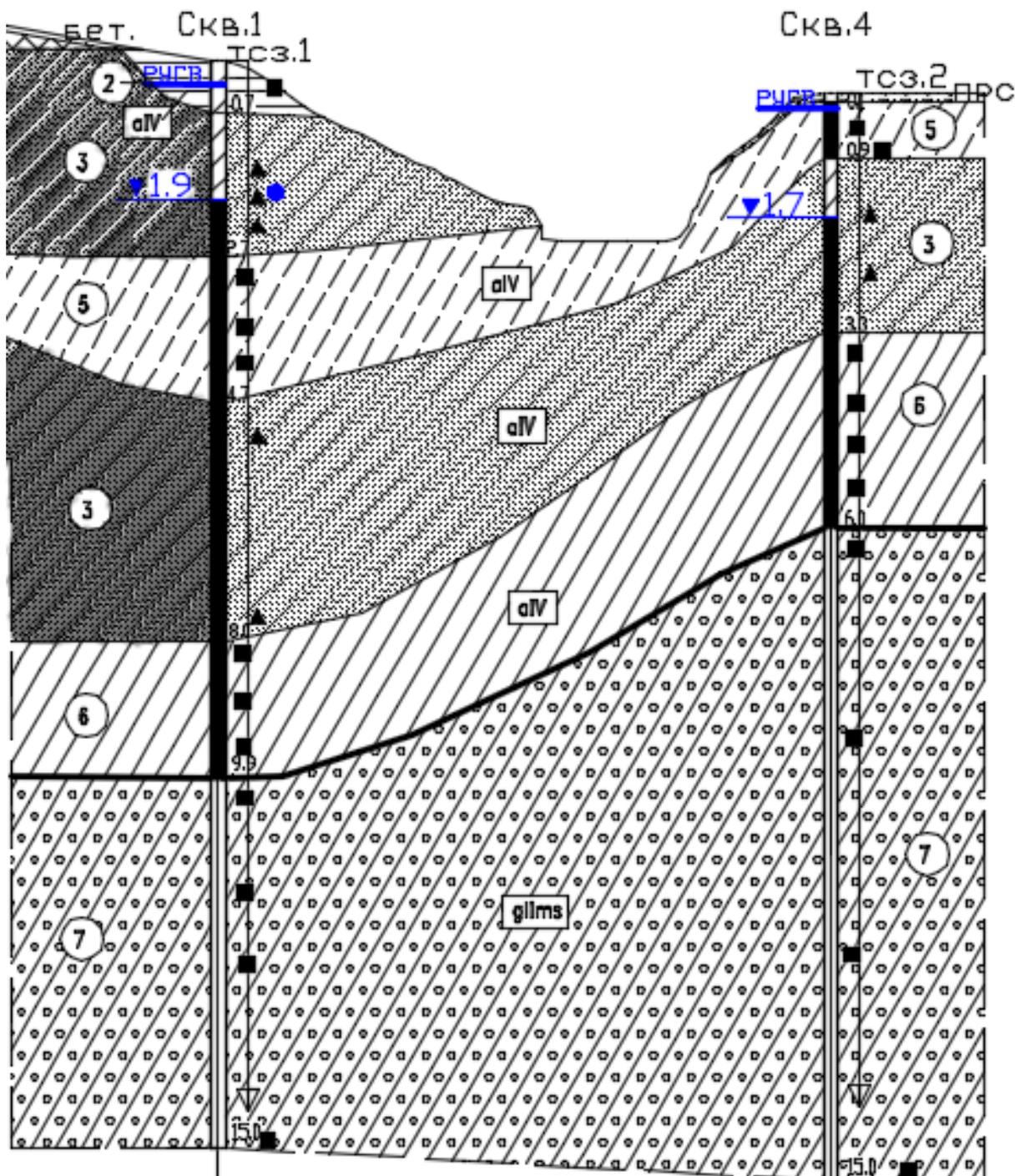


Рис. 6 Схема инженерно-геологического разреза на участке мостового перехода через реку Радомля

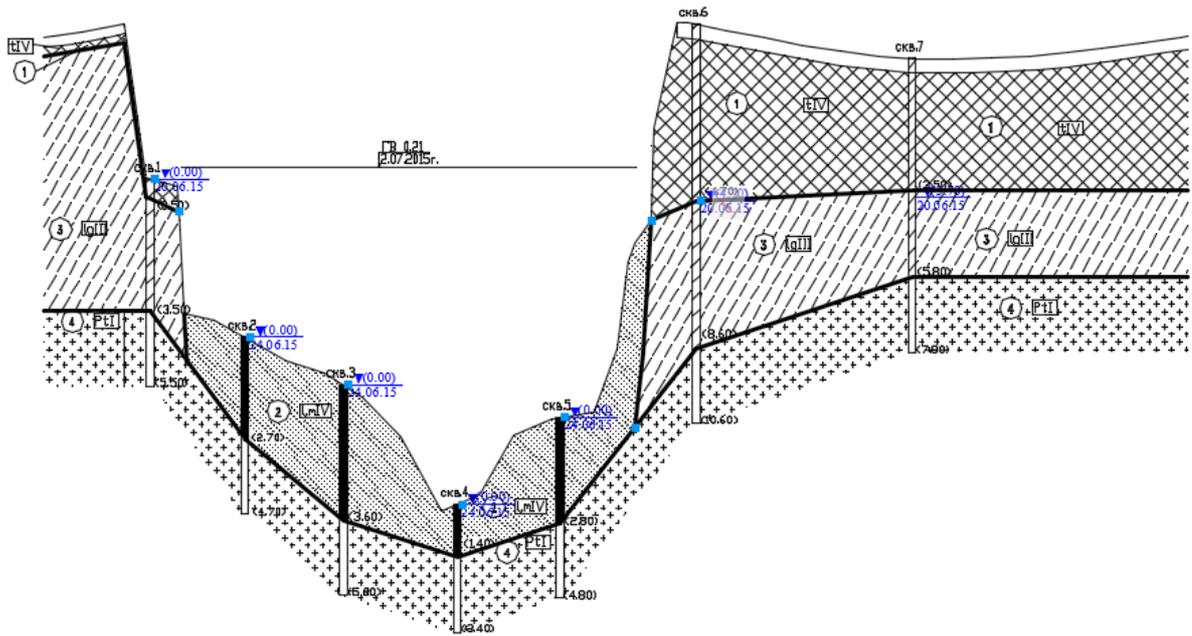


Рис. 7 Схема инженерно-геологического разреза на участке мостового перехода через Восточный пролив

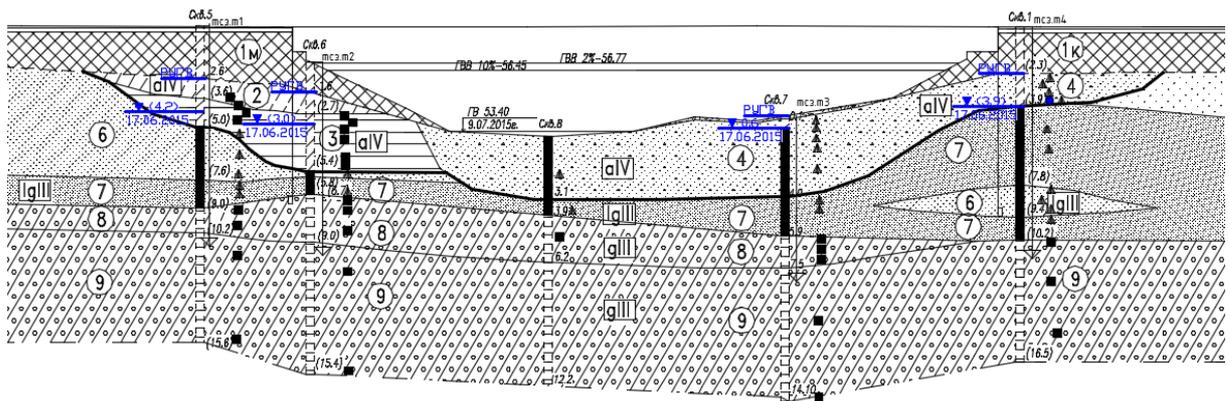


Рис. 8 Схема инженерно-геологического разреза на участке мостового перехода через реку Плюсса

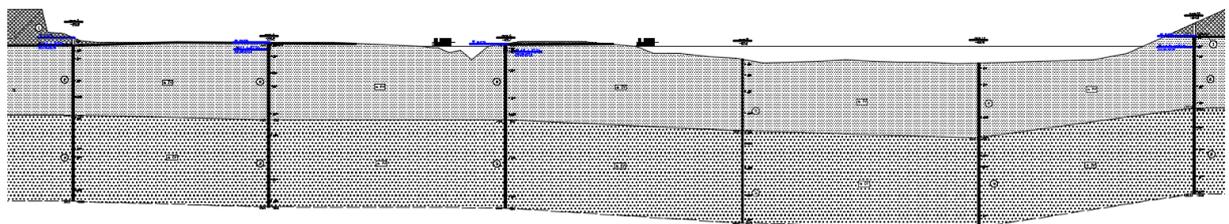


Рис. 9 Схема инженерно-геологического разреза на участке мостового перехода через реку Сулак



Гидрогеологические особенности участков изысканий

Название объекта	Глубина зафиксированного уровня грунтовых вод, м	Химический состав	Агрессивность грунтовых вод						
			К бетонам с марками			На арматуру железобетонных конструкций при		К оболочкам кабеля	
			W4	W6	W8	постоянном погружении	периодическом смачивании	Свинцовая	Алюминиевая
Мост через ручей на км 39 автомобильной дороги А-216	0,6-0,9	Гидрокарбонатно-хлоридно-натриево-магниевые	неагрессивные			неагрессивные	слабоагрессивные	средняя	высокая
Мост через реку Неман	0,90 – 8,50	Гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-магниевые	неагрессивные					средняя	
Мост через Восточный пролив	0,00 – 3,70	Гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-натриевые	неагрессивные					средняя	
Мост через реку Сулак	0,50 – 3,20	Гидрокарбонатно-хлоридно-натриево-кальциевые	слабоагрессивные	среднеагрессивные	неагрессивные			средняя	высокая
Мост через канал Самур-Дербент	0,70 – 0,80	Гидрокарбонатно-хлоридно-натриево-кальциевые	слабоагрессивные	неагрессивные				высокая	
Мост через реку Нугуш	0,70 – 3,90	Хлоридно-гидрокарбонатно-кальциево-натриевые	слабоагрессивные	неагрессивные				высокая	

Название объекта	Глубина зафиксированного уровня грунтовых вод, м	Химический состав	Агрессивность грунтовых вод						
			К бетонам с марками			На арматуру железобетонных конструкций при		К оболочкам кабеля	
			W4	W6	W8	постоянно погружены	периодическом смачивании	Свинцовая	Алюминиевая
Мост через реку Радомля	0,30 – 1,90	Сульфатно-хлоридно-натриево-кальциевые	слабоагрессивные	среднеагрессивные	неагрессивные			средняя	высокая
Мост через реку Плюсса	0,60 – 2,00	Гидрокарбонатно-хлоридно-натриево-кальциевые	неагрессивные					высокая	
Мост через реку Великая	0,70 – 3,60	Гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-натриевые	неагрессивные					средняя	

## Показатели физико-механических характеристик грунтов

Таблица 5

Мост через ручей на км 39+722 автомобильной дороги А-216

№ ИГЭ	Наименование грунта	Геологический индекс	Плотность г/см <sup>3</sup>			Коэффициент пористости в дол.ед.	Влажность в дол.ед.	Число пластичности, дол.ед.	Показатель текучести в дол.ед.	Прочностные характеристики, нормативные						Модуль деформации, Е, кгс/см <sup>2</sup>	Условное сопротивление R <sub>0</sub> , кПа, кгс/см <sup>2</sup>	Расчетное сопротивление R <sub>0</sub> кПа, кгс/см <sup>2</sup>
			Частиц грунта	Грунта	сухого грунта					Угол внутреннего трения, градус			Сцепление Кпа, (кг/см <sup>2</sup> )					
										φн	φI	φII	Сн	СI	СII			
1	Насыпной слой	-	-	-	-	0,085	-	-	-	-	-	-	-	-	-	980	100	
1а	Насыпной слой	-	-	-	-	0,082	-	-	-	-	-	-	-	-	-	196	100	
2	Супесь песчаная пластичная	aIV	2,687	2,096	1,828	0,471	0,146	0,061	0,367	27	23	27	18(0,18)	12(0,12)	18(0,18)	30(300)	167(1,7)	300(3)
3	Суглинок легкий пылеватый, полутвердый	aIV	2,694	1,954	1,699	0,585	0,150	0,086	0,155	25	22	25	35(0,35)	23(0,23)	35(0,35)	25(250)	294(2,9)	260(2,6)
4	Супесь песчаная, твердая	aIV	2,686	2,013	1,843	0,457	0,094	0,059	-0,125	30	26	30	21(0,21)	14(0,14)	21(0,21)	32(320)	343(3,4)	300(3)
5	Суглинок легкий, тугопластичный	aIV	2,703	1,963	1,640	0,649	0,198	0,106	0,371	22	19	22	28(0,28)	19(0,19)	28(0,28)	19(190)	147(1,5)	240(2,4)

Таблица 6

## Мост через реку Неман

№ ИГЭ	Наименование грунтов	индексГеологический	Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>			Коэффициент пористости	Естественная влажность, д.е	Показатель текучести	Модуль деформации, МПа	Прочностные характеристики						Условное сопротивление, кПа	Кoeff. фильтрации, м/сут
			ρ <sub>n</sub>	ρ <sub>t</sub>	ρ <sub>п</sub>					e	W <sub>e</sub>	I <sub>L</sub>	E	угол внутреннего трения, °			
						φ <sub>n</sub>	φ <sub>t</sub>	φ <sub>п</sub>	C <sub>n</sub>					C <sub>t</sub>	C <sub>п</sub>	R <sub>0</sub>	K <sub>ф</sub>
1	Насыпной грунт: песок мелкий, с гравием до 5%, влажный	t <sub>IV</sub>	-	-	-	-	0,148	-	-	-	-	-	-	-	-	147	3,8
2	Насыпной грунт: песок пылеватый, влажный	t <sub>IV</sub>	-	-	-	-	0,182	-	-	-	-	-	-	-	-	147	0,5
3	Насыпной грунт: песок средней крупности, с гравием и галькой до 25%, влажный и водонасыщенный	t <sub>IV</sub>	-	-	-	-	0,157	-	-	-	-	-	-	-	-	245	18,3
4	Насыпной грунт: супесь песчаная, пластичная, с гравием и галькой до 15%	t <sub>IV</sub>	1,98	1,96	1,97	0,67	0,224	0,36	-	-	-	-	-	-	-	130	0,2
5	Песок гравелистый, с галькой до 30%, средней плотности, влажный и водонасыщенный	am <sub>IV</sub>	2,01	1,99	2,00	0,56	0,181	-	39	40	36	40	1	1	1	343	22,5
6	Песок пылеватый, заторфованный, средней плотности, влажный и водонасыщенный	am <sub>IV</sub>	1,90	1,88	1,89	0,65	0,203	-	17	30	27	30	4	3	4	147/98	0,4
7	Супесь песчаная, пластичная, заторфованная	am <sub>IV</sub>	1,67	1,65	1,66	1,18	0,460	0,37	6	14	12	14	37	25	37	98	0,2
8	Песок мелкий, средней плотности, водонасыщенный	am <sub>IV</sub>	1,93	1,91	1,92	0,65	0,199	-	28	32	29	32	2	1	2	147	7,0
9	Песок средней крупности, с гравием до 10%, средней плотности, водонасыщенный	am <sub>IV</sub>	1,95	1,93	1,94	0,66	0,222	-	30	35	32	35	1	1	1	245	28,7
10	Супесь пылеватая, пластичная, с гравием до 10%	g <sub>III</sub>	2,04	2,02	2,03	0,58	0,193	0,49	40	25	22	25	14	9	14	101	0,2
11	Песок гравелистый, с галькой до 30%, средней плотности, водонасыщенный	g <sub>III</sub>	2,02	2,00	2,01	0,61	0,225	-	34	39	35	39	1	1	1	343	20,0
12	Супесь песчаная, пластичная, с гравием и галькой до 25%	g <sub>III</sub>	2,18	2,16	2,17	0,40	0,139	0,25	55	30	26	30	21	14	21	221	0,2
13	Супесь пылеватая, твердая, с гравием до 15%	g <sub>III</sub>	2,23	2,21	2,22	0,35	0,114	-0,23	60	30	26	30	21	14	21	343	0,2
14	Дресва и щебень мергеля, заполнитель - суглинок легкий пылеватый, полутвердый	K <sub>2</sub>	1,80	1,78	1,79	1,06	0,361	0,07	11	20	17	20	19	13	19	260	0,05-0,1
15	Глина мергелистая, легкая пылеватая, полутвердая, с дресвой до 20%	K <sub>2</sub>	1,79	1,77	1,78	1,07	0,352	0,19	12	14	12	14	36	24	36	206	0,02

16	Мергель глинистый, слоистый, трещиноватый, пониженной прочности, средней плотности, сильнопористый, средневветрелый, размягчаемый	K <sub>2</sub>	1,77	1,75	1,76	1,28	0,460	R <sub>c сух.</sub> = 8,9 МПа / R <sub>c водонасыщ.</sub> = 4,7 МПа						-
----	---	----------------	------	------	------	------	-------	---	--	--	--	--	--	---

Таблица 7

Мост через Восточный пролив

№ ПГЭ	Наименование грунтов	Геологический индекс	Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>			Коэффициент пористости	Естественная влажность, д.е	Показатель текучести	Модуль деформации, МПа	Прочностные характеристики						Расчетное сопротивление, кПа, R <sub>0</sub>	Условное сопротивление R <sub>0</sub> , кПа	Коэффициент фильтрации при плотном сложении м/сут
			ρ <sub>n</sub>	ρ <sub>1</sub>	ρ <sub>II</sub>					угол внутреннего трения, °			Удельное сцепление, кПа					
			е	W <sub>e</sub>	I <sub>L</sub>	E	φ <sub>n</sub>	φ <sub>1</sub>	φ <sub>II</sub>	C <sub>n</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>II</sub>	R <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	м/сут			
1	Насыпной грунт: песок средней крупности, средней плотности, с включением гравия и гальки, влажный	tIV	-	-	-	-	влажный	-	-	-	-	-	-	-	225	-	1,1-1,3	
2	Песок мелкий, насыщенный водой, средней плотности	1,mIV	1,96 2,02	1,93 1,98	1,94 2,00	0,618	насыщ.водой	-	-	34	34	31	34	3	2	3	200	1,17
3	Супесь пылеватая пластичная, серая, с гравием и галькой до 5%	lgQIII	2,01	1,97	1,98	0,638	0,219	0,06	0,55	12,1	22	19	22	20	13	20	234	0,52
4	Гранит среднезернистый, слабовветрелый, прочный, трещиноватый	PtI	R <sub>c сух.</sub> = 76,8 МПа / R <sub>c водонасыщ.</sub> = 63,2 МПа															

Таблица 8

## Мост через канал Самур-Дербент

№ ИГ	Наименование грунтов	Геологический индекс	Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>			Коэффициент пористости	Естественная влажность, д.е	Показатель текучести	Модуль деформации, МПа/с учетом mk	Прочностные характеристики						Расчетное сопротивление, кПа	Кэфф. фильтрации, м/сут
			ρ <sub>n</sub>	ρ <sub>t</sub>	ρ <sub>п</sub>					e	W <sub>e</sub>	I <sub>L</sub>	E	угол внутреннего трения, °			
						φ <sub>n</sub>	φ <sub>t</sub>	φ <sub>п</sub>	C <sub>n</sub>					C <sub>t</sub>	C <sub>п</sub>	R <sub>0</sub>	K <sub>ф</sub>
Нс	Насыпной грунт: песок пылеватый, с гравием до 10%, со строительным мусором, маловлажный	tIV	не опр			не опр	0,082	-	в качестве основания фундаментов опор не рекомендуется						180	5,12	
1	Супесь песчанистая твердая, с включениями гравия и гальки до 20%	aIV	2,29	2,28	2,28	0,289	0,103	-0,5	21/85	31	27	31	30	20	30	300	0,10
2	Гравийно-галечниковый грунт с песчаным заполнителем, влажный. Заполнитель - песок ср. крупности, плотный	aIV	1,7	1,68	1,69	0,500	0,201	-	45	39	35	39	2	1	2	500	22,32

Таблица 9

## Мост через реку Сулак

№ ИГ	Наименование грунтов	Геологический индекс	Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>			Коэффициент пористости	Естественная влажность, д.е	Показатель текучести	Модуль деформации, МПа	Прочностные характеристики						Расчетное сопротивление, кПа	Кэфф. фильтрации, м/сут
			ρ <sub>n</sub>	ρ <sub>t</sub>	ρ <sub>п</sub>					e	W <sub>e</sub>	I <sub>L</sub>	E	угол внутреннего трения, °			
						φ <sub>n</sub>	φ <sub>t</sub>	φ <sub>п</sub>	C <sub>n</sub>					C <sub>t</sub>	C <sub>п</sub>	R <sub>0</sub>	K <sub>ф</sub>
1	Насыпной грунт: песок разной крупности, супесь, суглинок с гравием, галькой	tIV	-	-	-	-	0,192	-	в качестве основания фундаментов опор не рекомендуется						100	7,8	
2	Песок средней крупности, темно-серый, серо-коричневый, плотный, влажный и водонасыщенный	aIV	2,03	2,01	1,89	0,505	0,170	-	45	39	35	39	2	1	2	500	11,6
3	Гравийно-галечниковый грунт с песчаным заполнителем, насыщенный водой. Заполнитель - песок ср. крупности, плотный	aIV	1,7	1,68	1,69	0,500	0,201	-	45	39	35	39	2	1	2	500	20,8

Таблица 10

## Мост через реку Нугуш

№ ИГ	Наименование грунтов	индекс Геологический	Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>			Коэффициент пористости	Естественная влажность, д.е	Показатель текучести	Модуль деформации, МПа	Прочностные характеристики						Расчетное сопротивление, кПа	Условное сопротивление R <sub>0</sub> , кПа
			γ <sub>n</sub>	γ <sub>l</sub>	γ <sub>II</sub>					e	W <sub>e</sub>	I <sub>L</sub>	E	угол внутреннего трения, °			
						γ <sub>n</sub>	γ <sub>l</sub>	γ <sub>II</sub>	e					W <sub>e</sub>	I <sub>L</sub>	E	j <sub>n</sub>
1	Насыпные грунты: суглинки легкие пылеватые, коричневые полутвердые с прослоями супесей, с растительными остатками, со щебнем до10%	t IV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<100	-
2	Глины легкие пылеватые коричневые тугопластичные, с прослоями песков, слабозаторфованные	ab Q	1,81	1,78	1,79	1,044	0,383	0,36	5	13	9	12	30	26	29	220	-
3	Торфы среднеразложившиеся черные насыщенные водой	bQ	1,04	1,00	1,02	4,635	2,744	1,21	1,6	T=20кПа значение дано по крыльчатке						-	-
4	Суглинки легкие песчанистые коричневые мягкопластичные, с прослоями песка	adQ	2,07	2,05	2,06	0,559	0,20	0,57	7	20	17	19	21	16	20	280	140
5	Глины легкие пылеватые пестроцветные аргиллитоподобные с гнездами песка твердые	P <sub>2kz</sub>	2,10	2,05	2,07	0,525	0,167	-0,33	24,5	20	19	19	89	82	87	400	500
6	Известняки светло-коричневые средневетрелые, трещиноватые, средней прочности с прослоями глин полутвердых	P <sub>2kz</sub>	2,24	2,20	2,22	0,355	0,124	-	Предел прочности на одноосное сжатие R <sub>сж</sub> = 160 кгс/см <sup>2</sup>						-	-	

Таблица 11

## Мост через реку Радомля

№ ИГЭ	Наименование грунтов	Геологический индекс	Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>			Кoeff. пористости	Естественная влажность, д.е	Показатель текучести	Модуль деформации, МПа	Прочностные характеристики						Расчетное сопротивление, кПа	Условное сопротивление R <sub>0</sub> , кПа	Кoeff. фильтрации
			γ <sub>n</sub>	γ <sub>t</sub>	γ <sub>п</sub>					е	W <sub>e</sub>	I <sub>L</sub>	E	угол внутреннего трения, °				
										j <sub>n</sub>	j <sub>i</sub>	j <sub>п</sub>	C <sub>n</sub>	C <sub>i</sub>	C <sub>п</sub>	R <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	м/сут
1	Насыпной грунт: песок мелкий, с включением гравия и гальки до 10%, влажный	tIV	1,87	1,85	1,86	0,700	0,086	-	не рекомендуется в качестве основания						200	-	1,11	
2	Глина легкая пылеватая, текучепластичная, слабозаторфованная, с линзами и прослоями песка пылеватого	aIV	1,55	1,46	1,49	2,142	0,776	0,902	не рекомендуется в качестве основания						-	-	<0,001	
3	Песок пылеватый, средней плотности сложения, влажный и водонасыщенный, с примесью органического вещества	aIV	1,87	1,85	1,86	0,750	0,308	-	11	26	24	25	2	1	1	125	98	0,6
4	Песок средней крупности, средней плотности, влажный и водонасыщенный, с частыми прослоями суглинка	aIV	1,9	1,88	1,89	0,700	0,235	-	30	35	33	34	1	-	-	400	245	9,3
5	Супесь песчанистая, текучая, с прослоями песка серого, мелкого, водонасыщенного, с гнездами ожелезнения	aIV	1,93	1,85	1,88	0,819	0,297	1,71	не рекомендуется в качестве основания						-	-	0,10-0,70	
6	Суглинок легкий, песчанистый, текучий, с единичными включениями гравия и гальки, с прослоями и гнездами песка, с примесью органического вещества	aIV	1,80	1,78	1,78	1,132	0,412	1,17	не рекомендуется в качестве основания						-	-	0,05-0,10	
7	Суглинок тяжелый, пылеватый, тугопластичный, с прослоями и гнездами песка, с включениями и гнездами песка, с включениями гравия и гальки до 10%	gIIms	1,93	1,90	1,91	0,808	0,290	0,48	15	22	20	21	23	21	22	193	98	0,05-0,005

Таблица 12

## Мост через реку Плюсса

№ ИГЭ	Наименование грунтов	индекс геологический	Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>			Коэфф. пористости	Естественная влажность, д.е	Показатель текучести	Модуль деформации, МПа	Прочностные характеристики						Расчетное сопротивление, кПа	Условное сопротивление R <sub>0</sub> , кПа	Коэфф. фильтрации
			γ <sub>n</sub>	γ <sub>l</sub>	γ <sub>ll</sub>					угол внутреннего трения, °			Удельное сцепление, кПа					
						е	W <sub>e</sub>	I <sub>L</sub>	E	j <sub>n</sub>	j <sub>l</sub>	j <sub>ll</sub>	C <sub>n</sub>	C <sub>l</sub>	C <sub>ll</sub>	R <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	м/сут
1 м	Насыпной грунт: песок мелкий, с включением гравия и гальки 10-20%, влажный	tIV	1,96	1,94	1,95	0,700	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	200	-	0,01-0,07
1к	Насыпной грунт: песок крупный, с включением гравия и гальки 15-20%, влажный	tIV	1,98	1,96	1,97	0,650	0,142	-	-	-	-	-	-	-	-	200	-	8,3-13,2
2	Супесь печанистая пластичная, с примесью органического вещества	aIV	2,10	2,08	2,08	0,492	0,179	0,44	35	27	25	26	17	15	16	250	147	0,10-0,70
3	Глина легкая пылеватая, мягкопластичная, с низким содержанием органического вещества	aIV	2,00	1,98	1,99	0,664	0,210	0,59	24	15	13	14	44	42	43	345	98	<0,001
4	Песок гравелистый, средней плотности, влажный и водонасыщенный, с примесью органического вещества	aIV	1,99	1,97	1,98	0,550	0,159	-	40	40	38	39	1	-	-	600	343	16,1
5	Песок крупный, средней плотности, влажный и водонасыщенный	lgIII	1,88	1,86	1,87	0,650	0,138	-	30	38	36	37	-	-	-	500	343	9,75
6	Песок мелкий, средней плотности, влажный и водонасыщенный	lgIII	1,90	1,88	1,89	0,700	0,222	-	23	30	28	29	1	-	-	200	147	2
7	Песок пылеватый, средней плотности, водонасыщенный	lgIII	1,93	1,91	1,92	0,750	0,200	-	11	26	24	25	2	1	1	100	98	0,4
8	Суглинок легкий пылеватый, полутвердый, с включениями гравия и гальки до 15%	gIII	2,12	2,11	2,11	0,520	0,190	0,20	40	25	23	23	40	38	39	350	343	0,05-0,10
9	Суглинок тяжелый пылеватый, полутвердый, с включениями гравия и гальки до 20%	gIII	2,15	2,14	2,14	0,487	0,176	0,06	40	26	24	25	43	41	42	350	392	0,05-0,10



Таблица 13

## Мост через реку Великая

№ ИГЭ	Наименование грунтов	индекс Геологический	Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>			Кэфф. пористости	Естественная влажность, д.е	Показатель текучести	Модуль деформации, МПа	Прочностные характеристики						Расчетное сопротивление, кПа	Кэфф. фильтрации, м/сут
			$\rho_n$	$\rho_t$	$\rho_{II}$					угол внутреннего трения, °			Удельное сцепление, кПа				
						$e$	$W_e$	$I_L$	$E$	$\varphi_n$	$\varphi_t$	$\varphi_{II}$	$C_n$	$C_t$	$C_{II}$	$R_0$	$K_f$
1	Насыпной грунт: дресвяно-щебенистый грунт, заполнитель - супесь пластичная	tIV	-	-	-	-	0,143	-	-	-	-	-	-	-	-	200	20-75
2	Суглинок легкий пылеватый тугопластичный, с дресвой и щебнем, неяснослоистый, серо-коричневого цвета, с линзами песка средней крупности, насыщенного водой	lgIII	2,05	2,03	2,04	0,608	0,213	0,43	25,1	21	18	21	30	26	30	260	0.05-0.1
3	Песок гравелистый, средней плотности, с дресвой и щебнем до 20%, влажный	gIII	1,75	1,73	1,74	0,584	0,057	-	37,0	40	36	40	1	1	1	500	50-100
4	Суглинок легкий пылеватый и песчаный твердый с дресвой и щебнем до 25-30%, серо-коричневый, с прослоями супеси песчанистой твердой	gIII	2,25	2,23	2,24	0,313	0,097	-0,4	52,6	30	26	30	52	35	52	350	0.05-0.1
5	Известняк разрушенный до состояния щебня и дресвы, сильноветрелый, светло-серого цвета	D3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	600	20-60
6	Известняк плотный, средней прочности, неразмягчаемый, мергелистый, сильнотрещиноватый, светло-серый, с пятнами железнения	D3	2,51	2,49	2,50	0,148	0,036	Предел прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии $R_c=32.2$ МПа Предел прочности на одноосное сжатие в воздушно-сухом состоянии $R_c=40.4$ МПа						70-150			

Коррозионная агрессивность грунтов по участкам

Название объекта	Оболочки кабеля		Углеродистая сталь	Бетонные и железобетонные конструкции
	Свинцовые	Алюминиевые		
Мост через ручей на км 39 автомобильной дороги А-216	средняя	высокая	высокая	неагрессивные
Мост через реку Неман	средняя	средняя	средняя	
Мост через Восточный пролив	средняя	средняя	средняя	
Мост через реку Сулак	средняя	высокая	средняя	
Мост через канал Самур-Дербент	высокая	высокая	высокая	
Мост через реку Нугуш	высокая	высокая	высокая	
Мост через реку Радомля	средняя	высокая	средняя	
Мост через реку Плюсса	высокая	высокая	высокая	
Мост через реку Великая	средняя	средняя	средняя	

## ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. Таблица Б.27.

По относительной деформации пучения  $\epsilon_{fn}$  грунты подразделяют

Разновидность грунтов	Относительная деформация пучения $\epsilon_{fn}$ , д. е.	Характеристика грунтов
Практически непучинистый	$< 0,01$	Глинистые при $I_L \leq 0$ Пески гравелистые, крупные и средней крупности, пески мелкие и пылеватые при $S_r \leq 0,6$ , а также пески мелкие и пылеватые, содержащие менее 15 % по массе частиц мельче 0,05 мм (независимо от значения $S_r$ ). Крупнообломочные грунты с заполнителем до 10 %
Слабо пучинистый	0,01 - 0,035	Глинистые при $0 < I_L \leq 0,25$ Пески пылеватые и мелкие при $0,6 < S_r \leq 0,8$ Крупнообломочные с заполнителем (глинистым, песком мелким и пылеватым) от 10 до 30 % по массе
Среднепучинистый	0,035 - 0,07	Глинистые при $0,25 < I_L \leq 0,50$ Пески пылеватые и мелкие при $0,80 < S_u \leq 0,95$ Крупнообломочные с заполнителем (глинистым, песком пылеватым и мелким) более 30 % по массе
Сильнопучинистый и чрезмерно пучинистый	$> 0,07$	Глинистые при $I_L > 0,50$ . Пески пылеватые и мелкие при $S_r > 0,95$

## Пучинистость грунтов по участкам

Название объекта	Грунты залегающие в зоне промерзания		Пучинистость грунтов ГОСТ 25100-2011	Глубина промерзания
Мост через ручей на км 39 автомобильной дороги А-216	1	Насыпной слой - галечниково-щебенистый грунт с песчаным заполнителем, маловлажный	практически непучинистый	0,85
	1a	Насыпной слой - песок средний, уплотненный, маловлажный	практически непучинистый	0,85
	2	Супесь песчанистая пластичная, с линзами песка, с гравием и галькой 10-15%	среднепучинистый	0,71
	3	Суглинок легкий пылеватый, полутвёрдый, с гравием и галькой 15-20%, с примесью органических остатков	слабопучинистый	0,59
Мост через реку Неман	1	Насыпной грунт: песок мелкий, с гравием до 5%, влажный	практически непучинистый	0,60
	3	Насыпной грунт: песок средней крупности, с гравием и галькой до 25%, влажный и водонасыщенный	практически непучинистый	0,64
	5	Песок гравелистый, с галькой до 30%, средней плотности, влажный и водонасыщенный	практически непучинистый	0,64
	11	Песок гравелистый, с галькой до 5%, средней плотности, водонасыщенный	практически непучинистый	0,64
	1	Насыпной грунт: песок средней крупности, средней плотности, с включением гравия и гальки, влажный	практически непучинистый	1,55

Название объекта	Грунты залегающие в зоне промерзания		Пучинистость грунтов ГОСТ 25100-2011	Глубина промерзания
Мост через Восточный пролив	2	Песок мелкий, водонасыщенный, средней плотности	пучинистый	1,45
	3	Супесь пылеватая пластичная, серая, с гравием и галькой до 5%	среднепучинистый	1,45
Мост через реку Нугуш	1	Суглинки, легкие пылеватые, полутвердой консистенции с растительными остатками, со щебнем до 10%	среднепучинистый	1,57
	2	Глины легкие, пылеватые, тугопластичные, с прослоями песка слабозаторфованные	чрезмернопучинистый	1,57
	3	Торфы черные средней степени разложенности насыщенные водой с прослоями слабозаторфованных грунтов	чрезмернопучинистый	1,00
Мост через реку Радомя	1	Насыпной грунт: песок мелкий, влажный, с включениями гравия и гальки 10-20%	практически непучинистый	1,23
	2	Глина легкая пылеватая, текучепластичная, слабозаторфованная, черного цвета, с линзами и прослоями песка пылеватого.	чрезмернопучинистый	1,01
	3	Песок пылеватый, средней плотности, влажный и водонасыщенный, с примесью органического вещества, с частыми прослоями суглинка	среднепучинистый	1,23
	4	Песок средней крупности, средней плотности, влажный и водонасыщенный, серо-коричневый, с частыми прослоями суглинка	практически непучинистый	1,31
	5	Супесь песчанистая, текучая, с прослоями песка серого, мелкого, водонасыщенного, с гнездами ожелезнения	чрезмернопучинистый	1,23
Мост через реку Плюсса	1к	Насыпной грунт: песок крупный, влажный, с включениями гравия и гальки 15-20%.	практически непучинистый	1,46

Название объекта	Грунты залегающие в зоне промерзания		Пучинистость грунтов ГОСТ 25100-2011	Глубина промерзания
	1м	Насыпной грунт: песок мелкий, влажный, коричневый с включениями гравия и гальки 10-20%	практически непучинистый	1,36
	2	Супесь песчанистая пластичная, с примесью органического вещества	среднепучинистый	1,36
	3	Глина легкая пылеватая, мягкопластичная, с низким содержанием органического вещества	чрезмернопучинистый	1,12
	4	Песок гравелистый, средней плотности, влажный и водонасыщенный, с примесью органического вещества	практически непучинистый	1,46
	5	Песок крупный, средней плотности, влажный и водонасыщенный	практически непучинистый	1,46
	6	Песок мелкий, средней плотности, влажный и водонасыщенный	среднепучинистый	1,36
Мост через реку Великая	1	Насыпной грунт - дресвяно-щебенистый грунт осадочных пород, заполнитель - супесь пластичная с органикой	слабопучинистый	1,36
	2	Суглинок легкий пылеватый тугопластичный, с дресвой и щебнем, неяснослоистый, серо-коричневого цвета, с линзами пескасредней крупности насыщенного водой, крошкой известняка.	среднепучинистый	1,12
	3	Песок гравелистый, средней плотности, с дресвой и щебнем до 20%, влажный	практически непучинистый	1,46

### Определение тиксотропных свойств грунтов

Таблица 17

Изменение  $C_B$  в зависимости от погружения конуса

h, мм	$C_B$														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1,0	-0,27	3,4	-0,05	6,0	0,15	8,4	0,32	11,0	0,48	13,4	0,62	20,0	0,90	32,0	1,33
1,2	-0,25	3,6	-0,03	6,2	0,16	8,6	0,33	11,2	0,49	13,6	0,63	21,0	0,94	33,0	1,37
1,4	-0,23	3,8	-0,01	6,4	0,18	8,8	0,35	11,4	0,51	13,8	0,64	22,0	0,98	34,0	1,40
1,6	-0,21	4,0	0,00	6,6	0,20	9,0	0,36	11,6	0,52	14,0	0,65	23,0	1,02	35,0	1,44
1,8	-0,19	4,2	0,01	6,8	0,21	9,2	0,37	11,8	0,53	14,2	0,66	24,0	1,06	36,0	1,47
2,0	-0,17	4,4	0,03	7,0	0,23	9,4	0,39	12,0	0,55	14,4	0,67	25,0	1,10	37,0	1,50
2,2	-0,16	4,6	0,05	7,2	0,24	9,6	0,40	12,2	0,56	14,6	0,69	26,0	1,13	38,0	1,59
2,4	-0,13	4,8	0,07	7,4	0,25	9,8	0,41	12,4	0,57	14,8	0,70	27,0	1,17	39,0	1,59
2,6	-0,12	5,0	0,08	7,6	0,27	10,0	0,43	12,6	0,58	15,0	0,71	28,0	1,20	40,0	1,61
2,8	-0,09	5,2	0,09	7,8	0,28	10,2	0,44	12,8	0,59	16,0	0,74	29,0	1,24	41,0	1,64
3,0	-0,08	5,6	0,12	8,0	0,29	10,6	0,46	13,0	0,60	18,0	0,82	30,0	1,27	43,0	1,70
3,2	-0,07	5,8	0,13	8,2	0,31	10,8	0,47	13,2	0,61	19,0	0,86	31,0	1,30	44,0	1,73

Таблица 18

Сводная ведомость испытаний грунтов на проявление тиксотропных свойств по участкам

Объект	№ ИГЭ	Наименование грунта	№ испытания	Характер испытания относительно слоистости	Погружение конуса при естественной структуре, мм	Cb1	Погружение конуса при нарушенной структуре, мм	Cb2	Cs	Выраженность структурной связности	Rm ненар	Rm нар	IF	Чувствительность грунта			
Мост через реку Великая	2	Суглинок легкий пылеватый тугопластичный, неяснослойистый	1	вдоль	14,5	0,68	19,5	0,88	0,20	средне	0,0046	0,0025	1,8	-			
				поперек	16	0,74	19	0,86	0,12	слабо	0,0037	0,0027	1,4	-			
			2	вдоль	14	0,65	20	0,9	0,25	средне	0,0049	0,0024	2,0	средняя			
				поперек	15,5	0,73	19,5	0,88	0,15	средне	0,0040	0,0025	1,6	-			
			3	вдоль	16,5	0,76	23,5	1,04	0,28	средне	0,0035	0,0017	2,0	средняя			
				поперек	17,5	0,8	22	0,98	0,18	средне	0,0031	0,0020	1,6	-			
			4	вдоль	14,5	0,68	20,5	0,92	0,24	средне	0,0046	0,0023	2,0	средняя			
				поперек	15,5	0,73	21	0,94	0,21	средне	0,0040	0,0022	1,8	-			
			5	вдоль	14	0,65	20,5	0,92	0,27	средне	0,0049	0,0023	2,1	средняя			
				поперек	15,5	0,73	21,5	0,96	0,23	средне	0,0040	0,0021	1,9	-			
			6	вдоль	14	0,65	19	0,86	0,21	средне	0,0049	0,0027	1,8	-			
				поперек	15,5	0,73	23,5	1,04	0,31	значительно	0,0040	0,0017	2,3	средняя			
				3		1		16	0,74	19,5	0,88	0,14	слабо	0,0037	0,0025	1,5	-

Мост через Восточный пролив	№ ИГЭ	Суперпластичная	Характер испытания относительно слоистости не наблюдается	2	17,5	0,8	20	0,9	0,10	слабо	0,0031	0,0024	1,3	-
				3	17,5	0,78	19,5	0,88	0,10	слабо	0,0033	0,0025	1,3	Чувствительность
				4	17,5	0,8	19,5	0,88	0,08	слабо	0,0031	0,0025	1,2	грунта -
				5	18	0,82	20,5	0,92	0,10	слабо	0,0030	0,0023	1,3	-
				6	17,5	0,8	20	0,9	0,10	слабо	0,0031	0,0024	1,3	-
Мост через реку Нугуш	2	Глины легкие пылеватые	1	вдоль	13,2	0,61	21,5	0,96	0,35	значительно	0,0055	0,0021	2,7	средняя
				поперек	14,4	0,67	22	0,98	0,31	значительно	0,0046	0,0020	2,3	средняя
			2	вдоль	12,2	0,56	22,5	1	0,44	значительно	0,0064	0,0019	3,4	средняя
				поперек	14,4	0,67	23	1,02	0,35	значительно	0,0046	0,0018	2,6	средняя
			3	вдоль	13,6	0,63	23,5	1,04	0,41	значительно	0,0052	0,0017	3,0	средняя
				поперек	14,6	0,69	23,5	1,04	0,35	значительно	0,0045	0,0017	2,6	средняя
			4	вдоль	12,2	0,56	25	1,1	0,54	значительно	0,0064	0,0015	4,2	чувствительный
				поперек	13,8	0,64	23,5	1,04	0,40	значительно	0,0050	0,0017	2,9	средняя
			5	вдоль	12	0,55	22	0,98	0,43	значительно	0,0067	0,0020	3,4	средняя
				поперек	13,6	0,63	23	1,02	0,39	значительно	0,0052	0,0018	2,9	средняя
			6	вдоль	13,4	0,62	24	1,06	0,44	значительно	0,0053	0,0017	3,2	средняя
				поперек	14,6	0,69	24	1,06	0,37	значительно	0,0045	0,0017	2,7	средняя

### Определение суффозии

Интегральные кривые гранулометрического состава и расчет степени неоднородности гранулометрического состава

Мост через Восточный пролив

менее 0,1	0,1-0,25	0,25-0,5	0,5-2	2-10	10-200	более 200
ГЛИНА	ПЕСОК		гравий(дресва)		галька(щебень)	валуны(глыбы)

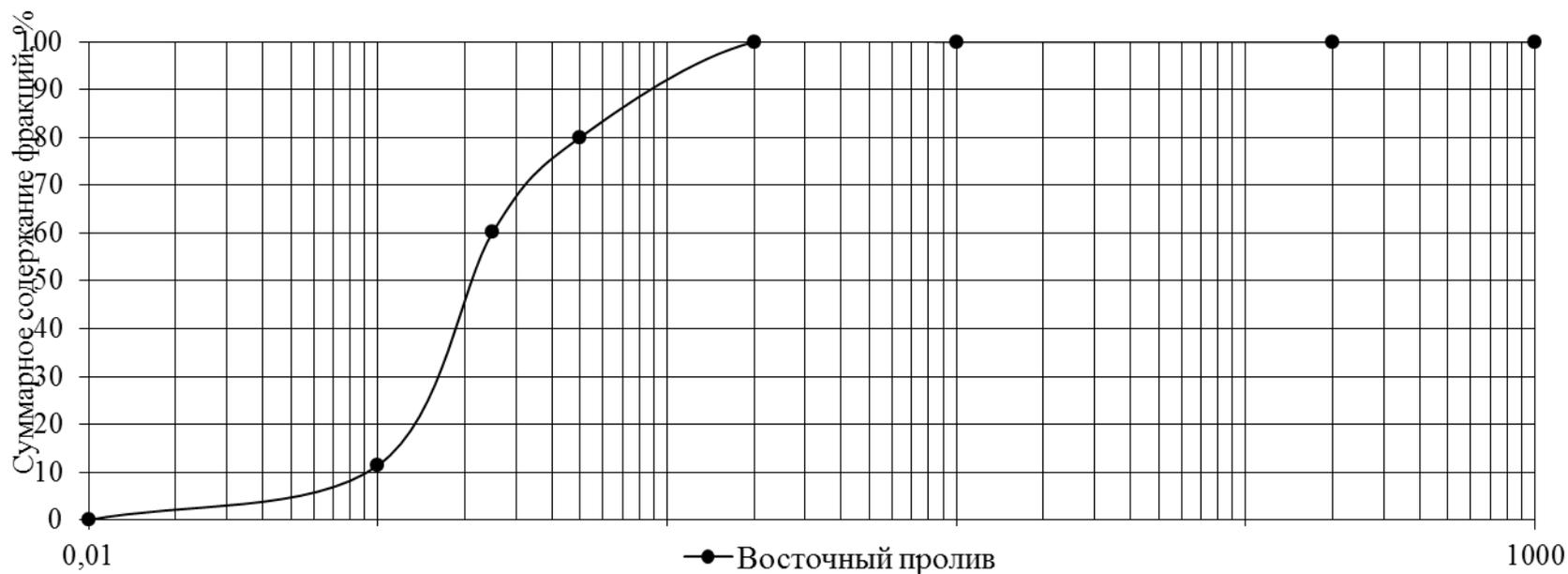


Рис. 12 Суммарная кривая гранулометрического состава пород на участке моста через Восточный пролив (ИГЭ-2)

Таблица 19

## Данные гранулометрического состава песка мелкого ИГЭ-2

Объект	ИГЭ	Размеры фракций в мм, содержание в %							Средневзвешенный	Медианный	Степень
		более 200	200- 10	10- 2	2- 0,5	0,5- 0,25	0,25- 0,1	менее 0,1	диаметр Dв, мм	диаметр Md, мм	неоднородности d60/d10
Восточный пролив	2	0,0	0,0	0,0	20,0	19,7	48,9	11,4	0,51	0,21	2,00

**Грунт      однородный**

Мост через реку Неман

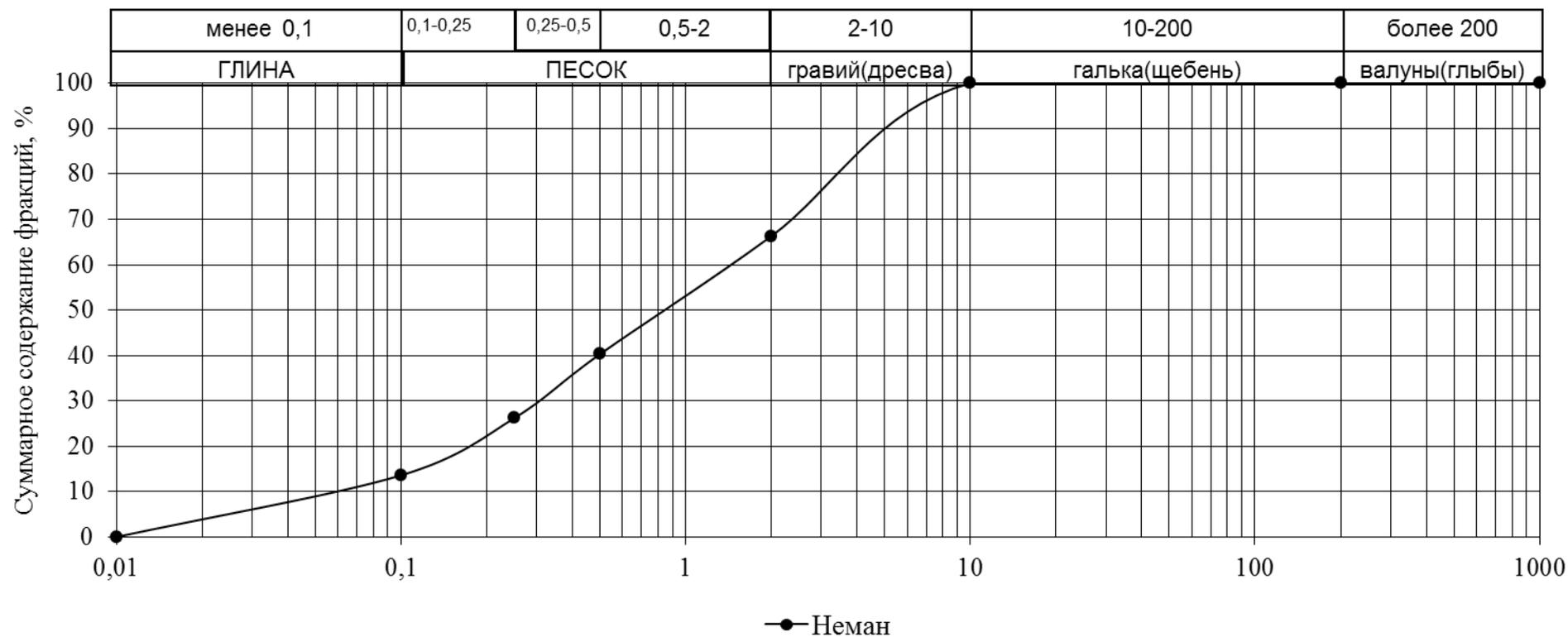


Рис. 13 Суммарная кривая гранулометрического состава пород на участке моста через реку Неман (ИГЭ-5)

Таблица 20

## Данные гранулометрического состава песка гравелистого ИГЭ-5

Объект	ИГЭ	Размеры фракций в мм, содержание в %							Средневзвешенный	Медианный	Степень
		более 200	200- 10	10- 2	2- 0,5	0,5- 0,25	0,25- 0,1	менее 0,1	диаметр	диаметр	неоднородности
									Dв, мм	Md, мм	d60/d10
Неман	5,0	0,0	0,0	33,7	26,0	14,1	12,6	13,6	2,50	0,85	3,20

**Грунт      неоднородный**

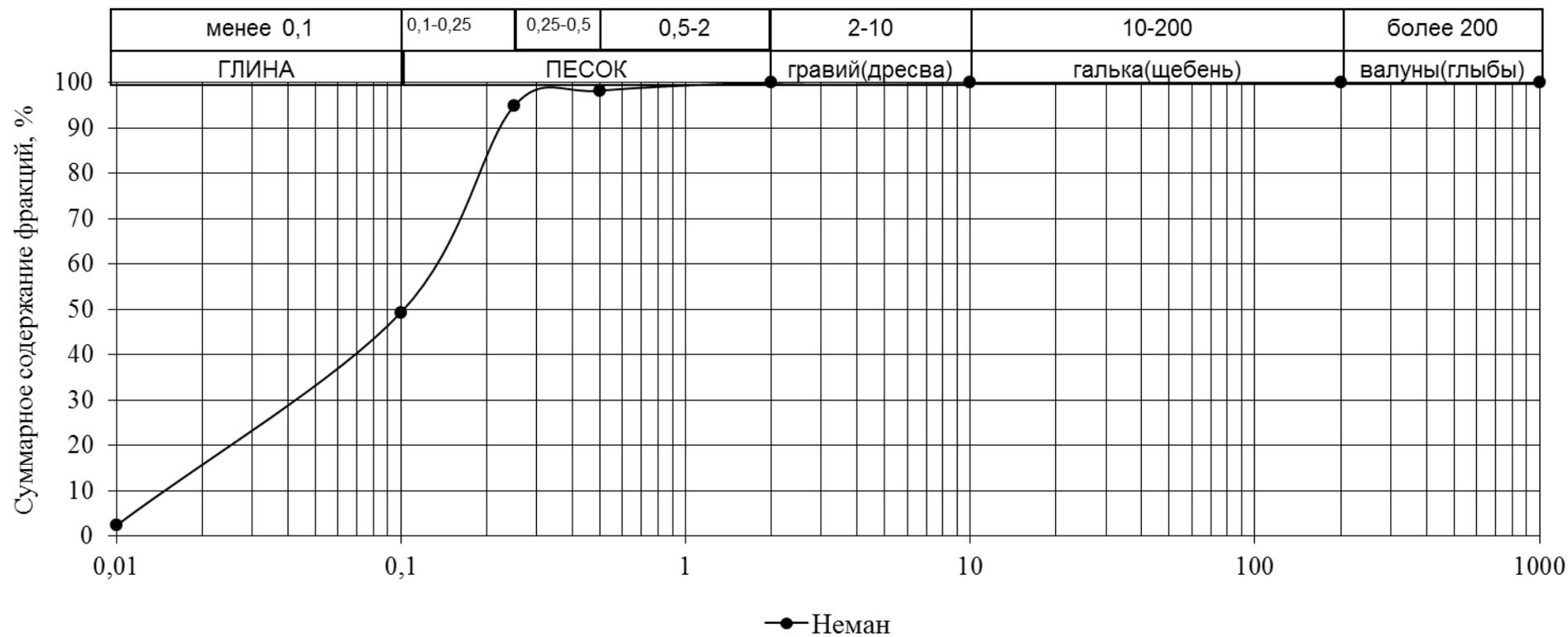


Рис. 14 Суммарная кривая гранулометрического состава пород на участке моста через реку Неман (ИГЭ-6)

Таблица 21

## Данные гранулометрического состава песка пылеватого ИГЭ-6

Объект	ИГЭ	Размеры фракций в мм, содержание в %							Средневзвешенный	Медианный	Степень
		более 200	200- 10	10- 2	2- 0,5	0,5- 0,25	0,25- 0,1	менее 0,1	диаметр	диаметр	неоднородности
									Dв, мм	Md, мм	d60/d10
Неман	6,0	0,0	0,0	0,0	1,8	3,3	45,6	47,0	0,39	0,10	8,67

**Грунт      неоднородный**

Мост через реку Радомя

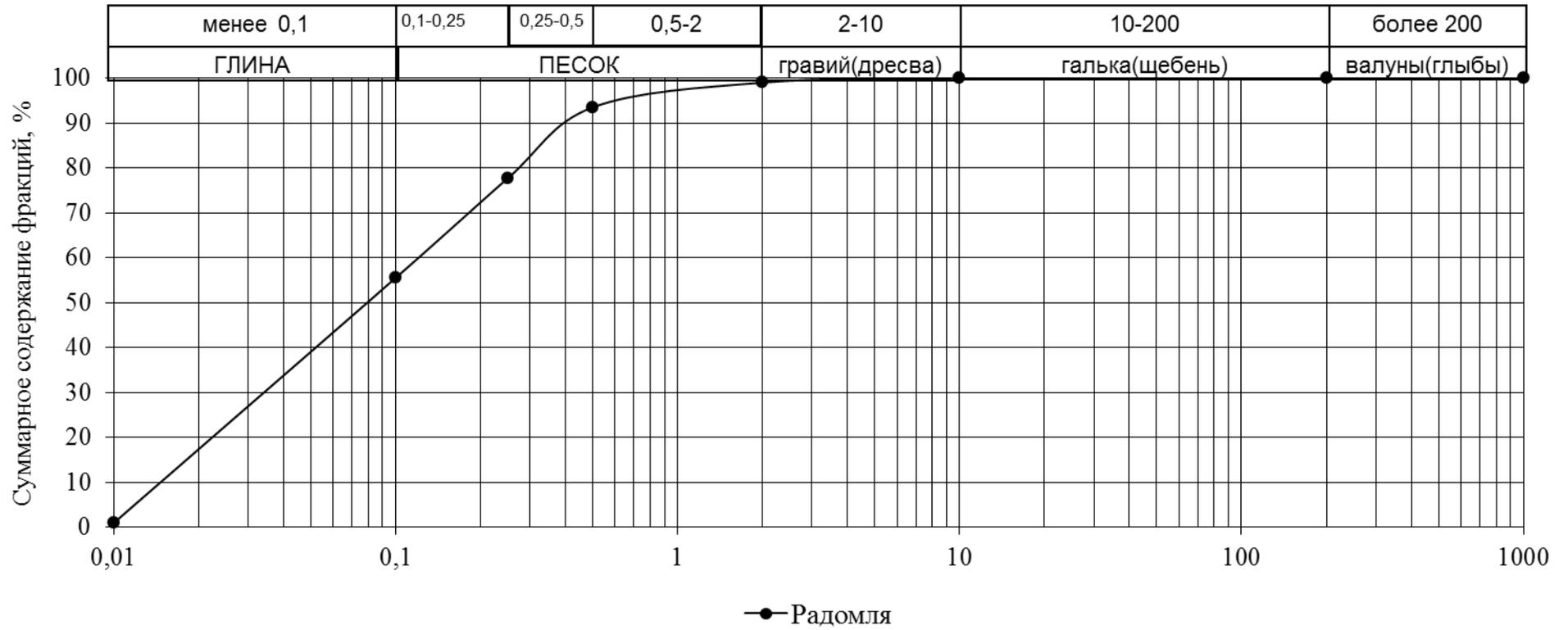


Рис. 15 Суммарная кривая гранулометрического состава пород на участке моста через реку Радомя (ИГЭ-3)

Данные гранулометрического состава песка пылеватого ИГЭ-3

Объект	ИГЭ	Размеры фракций в мм, содержание в %							Средневзвешенный	Медианный	Степень
		более 200	200- 10	10- 2	2- 0,5	0,5- 0,25	0,25- 0,1	менее 0,1	диаметр Dв, мм	диаметр Md, мм	неоднородности d60/d10
Радомля	3,0	0,0	0,0	1,0	5,5	15,8	22,2	54,6	0,52	0,08	8,67

**Грунт      неоднородный**

Мост через реку Плюсса

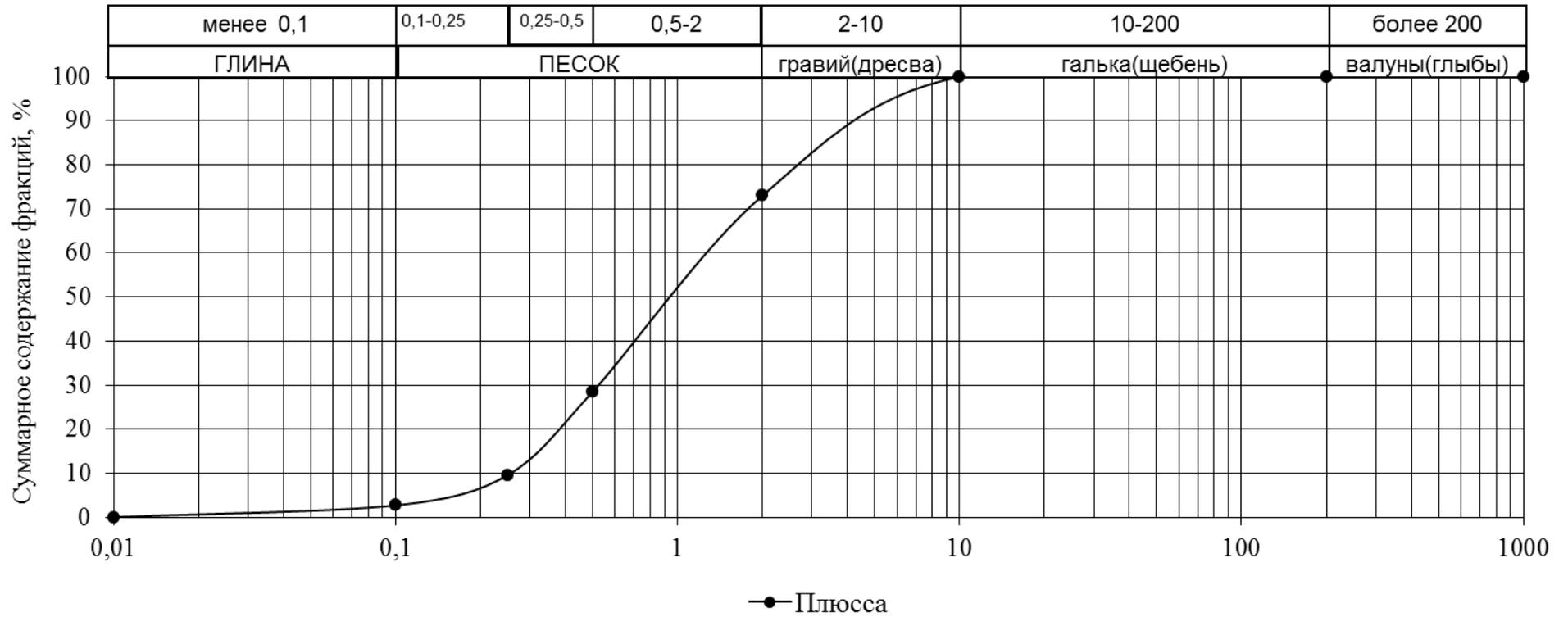


Рис. 16 Суммарная кривая гранулометрического состава пород на участке моста через реку Плюсса (ИГЭ-4)

Данные гранулометрического состава песка гравелистого ИГЭ-4

Объект	ИГЭ	Размеры фракций в мм, содержание в %							Средневзвешенный диаметр Dв, мм	Медианный диаметр Md, мм	Степень неоднородности d60/d10
		более 200	200- 10	10- 2	2- 0,5	0,5- 0,25	0,25- 0,1	менее 0,1			
Плюсса	4,0	0,0	0,0	27,0	44,5	18,9	6,9	2,7	2,28	0,95	5,20

**Грунт      неоднородный**

## ГОСТ 25100-2011 Таблица Б.10

Классификация крупнообломочных грунтов и песков по степени неоднородности гранулометрического состава

Разновидность грунтов	Степень неоднородности гранулометрического состава $K_n$ , д.е.
Однородный грунт	$K_n \leq 3$
Неоднородный грунт	$K_n \geq 3$

Сводная таблица оценки возможности проявления суффозии

Объект	ИГЭ	Наименование грунта	Коэффициент неоднородности, $K_n$ , д.е.	Степень неоднородности	Гидравлический градиент, $I$	Кф, м/сут	Начальная скорость потока $V_{раз}$ , м/сут	Возможность развития суффозии
Мост через реку Неман	5	Песок гравелистый	3,20	неоднородный	0,07	22,5	0,32	нет
	6	Песок пылеватый	8,67	неоднородный		0,4	0,042	нет
Мост через реку Радомля	3	Песок пылеватый	8,67	неоднородный	0,04	0,6	0,052	нет
Мост через Восточный пролив	2	Песок мелкий	2,00	однородный	0,45	1,17	0,072	нет
Мост через реку Плюсса	4	Песок гравелистый	5,20	неоднородный	0,03	16,1	0,027	нет

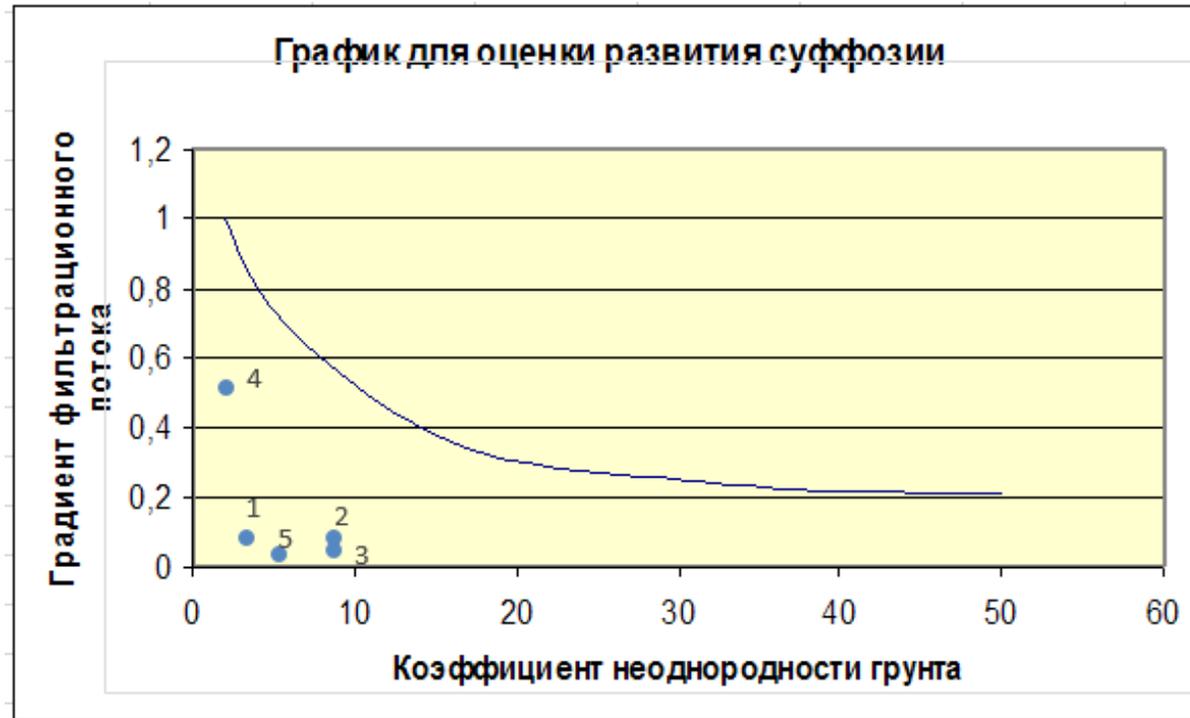


Рис. 17. График для оценки развития суффозии (1 – мост через реку Неман, ИГЭ-5; 2 – мост через реку Неман ИГЭ-6; 3 – мост через реку Радомля ИГЭ-3; 4 – мост через реку Восточный пролив ИГЭ-2; 5 – мост через реку Плюсса ИГЭ-4)

## «Схема инженерно-геологической типизации условий исследуемых участков возведения мостовых переходов»

Объекты	Основные факторы						Дополнительные факторы													
	Структурно-тектонические особенности	Геолого-генетические комплексы коренных отложений	Геолого-генетические комплексы	Сочетание литологических слоёв	Наличие слабых грунтов в разрезе	Типы геологических разрезов	Уровни воды в водоносках	Фактор глубины потока	Ширина русла	Воздействие течений, волн	Воздействие льда	Наличие грунтов способных к тиксопропному разуплотнению	Морозное пучение грунтов	Донная и боковая эрозия	Плоскостной смыв	Заполнение	Склоновые процессы	Деформация русла и берегов рек	Карстовые процессы	Возникновение «верховодки»
	I, II	1, 2, 3, 4	A, B, B, Г, Д, Е, Ж	а, б, в, г, д	s	1, 2, 3, 4	u	g	r	t	i	tr	p	y	z	c	d	dr	k	v
Ручей км 39+722 А-216	I	-	A	вг	-	1	-	-	-	-	-	-	p	-	z	c	-	dr	-	
Река Неман	I	1	БД	авд	s	14	u	g	r	t	i	-	p	y	-	c	-	dr	k	v
Восточный пролив	I	4	ВЕ	ав	-	13	u	g	r	t	i	-	p	y	-	c	-	dr	-	v
Река Сулак	II	-	A	аб	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	z	c	-	dr	-	
Канал Самур-Дербент	II	-	A	бв	-	1	u	g	r	t	-	-	-	-	-	c	-	dr	-	
Река Нугуш	I	2	Г	гд	s	23	-	-	-	-	-	tr	p	y	z	c	d	dr	k	v
Река Радомля	I	-	AЖ	авгд	s	34	u	g	r	t	-	-	p	y	z	c	-	dr	-	v
Река Плюсса	I	-	AЕД	авгд	-	1	-	-	-	-	-	-	p	-	-	c	-	dr	-	

Река Великая	Г	З	ЕД	аг	-	l	u	g	r	t	i	tr	p	-	-	c	-	dr	k	
--------------	---	---	----	----	---	---	---	---	---	---	---	----	---	---	---	---	---	----	---	--

**Схемы напластований на участках мостовых переходов**

**Условные обозначения**



Согласно ГОСТ 25100-2011, приложение В.2, разновидности дисперсных грунтов по деформируемости, в соответствии с таблицей В.4

А	$E < 5$ очень сильно деформируемые
Б	$5 < E < 10$ сильнодеформируемые
В	$10 < E < 50$ среднедеформируемые
Г	$E > 50$ слабodeформируемые

Согласно ГОСТ 25100-2011, приложение Б.1, разновидности скальных грунтов по пределу прочности на одноосное сжатие, в соответствии с таблицей Б.1

**Скальные**

а	$R_c > 120$ очень прочные
б	$120 > R_c > 50$ прочные
в	$50 > R_c > 15$ средней прочности
г	$15 > R_c > 5$ малопрочные

**Полускальные**

д	$5 > R_c > 3$ пониженной прочности
е	$3 > R_c > 1$ низкой прочности
ж	$R_c < 1$ очень низкой прочности

Мост через ручей на км 39+722 автомобильной дороги А-216

Тип 1			Тип 1		
ИГЭ-3	E=25МПа	В	ИГЭ-2	E=30МПа	В
ИГЭ-2	E=30МПа		ИГЭ-3	E=25МПа	
ИГЭ-5	E=19МПа		ИГЭ-2	E=30МПа	
		ИГЭ-4	E=32МПа		
		ИГЭ-2	E=30МПа		

*ИГЭ-2* Супесь песчанистая пластичная, коричневато-серая, слоистая, с линзами песка, с гравием и галькой 10-15%. *ИГЭ-3* Суглинок легкий пылеватый, полутвёрдый, коричневато-серый, с гнездами ожелезнения, с гравием и галькой 15-20%, с примесью органических остатков. *ИГЭ-4* Супесь песчанистая, твёрдая, тёмно-серая, слоистая, слюдистая, с линзами песка, с гравием и галькой 20%. *ИГЭ-5* Суглинок легкий, тугопластичный, буровато-коричневый, слоистый, слюдистый, с линзами песка, с гравием и галькой 20%.

Мост через реку Неман

Тип 4

ИГЭ-5	E=39МПа	В
ИГЭ-6	E=17МПа	
ИГЭ-7	E=6МПа	
ИГЭ-9	E=30МПа	
ИГЭ-11	E=34МПа	
ИГЭ-12	E=55МПа	

Тип 1

ИГЭ-5	E=39МПа	В
ИГЭ-12	E=55МПа	Г
ИГЭ-14	E=11МПа	В
ИГЭ-15	E=12МПа	
ИГЭ-16	R <sub>c</sub> =10МПа	з

Тип 1

ИГЭ-6	E=17МПа	В
ИГЭ-8	E=28МПа	

*ИГЭ-5* Песок гравелистый, с галькой до 30%, средней плотности, влажный и водонасыщенный. *ИГЭ-6* Песок пылеватый, заторфованный, средней плотности, влажный и водонасыщенный. *ИГЭ-7* Супесь песчаная, пластичная, заторфованная. *ИГЭ-8* Песок мелкий, средней плотности, водонасыщенный. *ИГЭ-9* Песок средней крупности, с гравием до 10%, средней плотности, водонасыщенный. *ИГЭ-11* Песок гравелистый, с галькой до 5%, средней плотности, водонасыщенный. *ИГЭ-12* Супесь песчаная, пластичная, с гравием и галькой до 25%. *ИГЭ-14* Дресва и щебень мергеля, заполнитель - суглинок легкий пылеватый, полутвердый. *ИГЭ-15* Глина мергелистая, легкая пылеватая, полутвердая, с дресвой до 20%. *ИГЭ-16* Мергель глинистый, слоистый, трещиноватый, пониженной прочности, средней плотности, сильнопористый, средневыветрелый, размягчаемый.

**Мост через Восточный пролив**

# Тип 1

ИГЭ-3	$E=55\text{МПа}$	Г
ИГЭ-4	$R_c=76\text{МПа}$	δ

# Тип 3

ИГЭ-2	$E<5\text{МПа}$	А
ИГЭ-4	$R_c=76\text{МПа}$	δ

*ИГЭ-2* Песок мелкий, насыщенный водой, средней плотности. *ИГЭ 3* Супесь пылеватая пластичная, серая, с гравием и галькой до 5%. *ИГЭ-4* Гранит среднезернистый, слабовыветрелый, прочный, трещиноватый.

**Мост через канал Самур-Дербент**

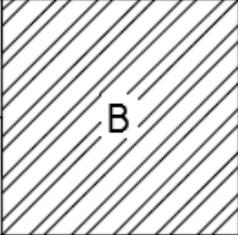
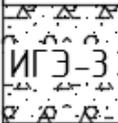
# Тип 1

ИГЭ-1	$E=21\text{МПа}$	В
ИГЭ-2	$E=45\text{МПа}$	

*ИГЭ-1* Супесь песчанистая твердая, с включениями гравия и гальки до 20%. *ИГЭ-2* Гравийно-галечниковый грунт, с песчаным заполнителем (заполнитель – песок средней крупности, плотный), влажный.

**Мост через реку Сулак**

# Тип 1

	ИГЭ-2	E=45МПа	
	ИГЭ-3	E=45МПа	

*ИГЭ-2* Песок средней крупности, темно-серый, серо-коричневый, плотный, влажный и водонасыщенный. *ИГЭ-3* Гравийно-галечниковый грунт с песчаным заполнителем (заполнитель – песок средней крупности, плотный) серого цвета, насыщенный водой.



Мост через реку Радомля

Туп 4

ИГЭ-3	E=11МПа	В
ИГЭ-5	E<5МПа	А
ИГЭ-3	E=11МПа	В
ИГЭ-6	E<5МПа	А
ИГЭ-7	E=15МПа	В

Туп 4

ИГЭ-3	E=11МПа	В
ИГЭ-6	E<5МПа	А
ИГЭ-7	E=15МПа	В

Туп 4

ИГЭ-3	E=11МПа	В
ИГЭ-4	E=30МПа	В
ИГЭ-5	E<5МПа	А
ИГЭ-7	E=15МПа	В

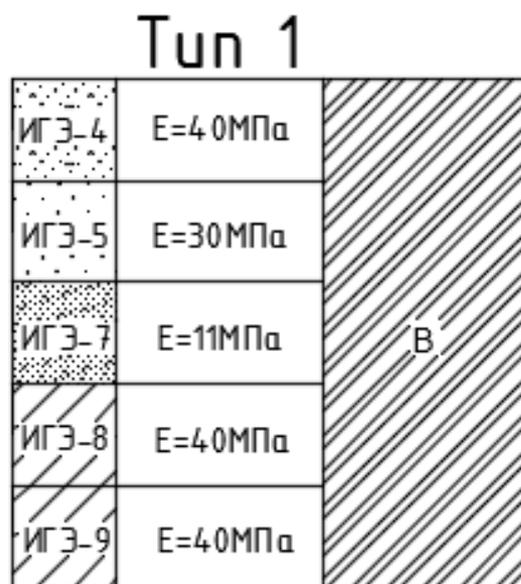
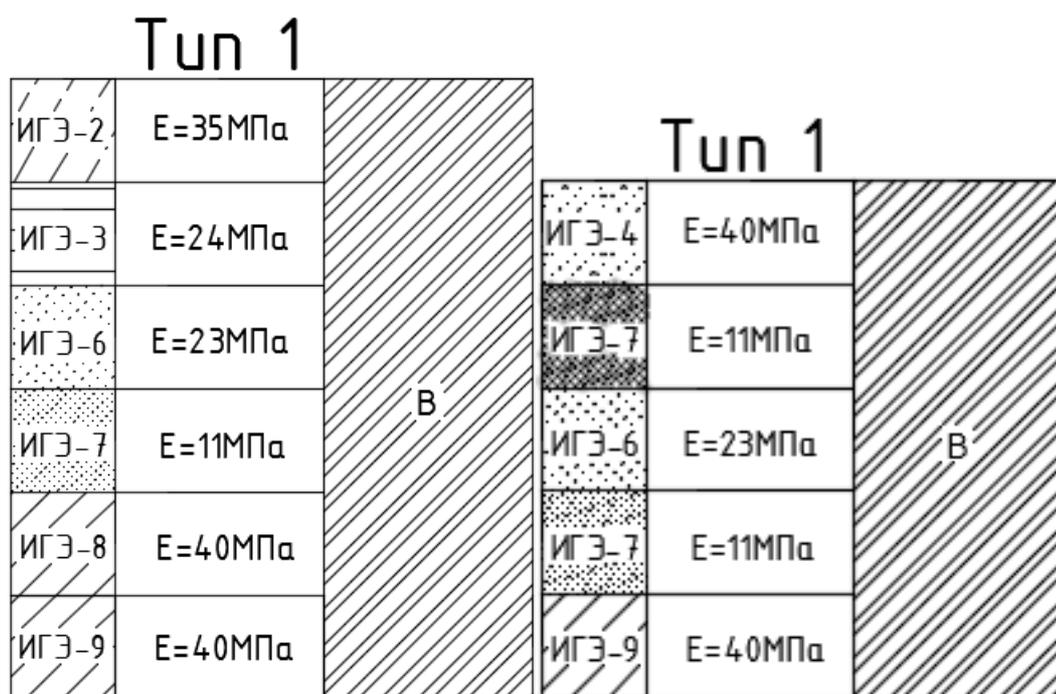
Туп 3

ИГЭ-2	E<5МПа	А
ИГЭ-4	E=30МПа	В
ИГЭ-3	E=11МПа	В
ИГЭ-7	E=15МПа	В

*ИГЭ-2* Глина легкая пылеватая, текучепластичная, слабозаторфованная, черного цвета, с линзами и прослоями песка пылеватого. *ИГЭ-3* Песок пылеватый, средней плотности, влажный и водонасыщенный, серо-коричневый, с примесью органического вещества, с частыми прослоями суглинка. *ИГЭ-4* Песок средней крупности, средней плотности, влажный и водонасыщенный, серо-коричневый, с частыми прослоями суглинка. *ИГЭ-5*

Супесь песчанистая, текучая, с прослоями песка серого, мелкого, водонасыщенного, с гнездами ожелезнения, черно-серая. *ИГЭ-6* Суглинок легкий песчанистый, текучий, с единичными включениями гравия и гальки, с прослоями и гнездами песка, с примесью органического вещества, темно-серый. *ИГЭ-7* Суглинок тяжелый, пылеватый, тугопластичный, темно-серого цвета, с прослоями и гнездами песка, с включениями гравия и гальки до 10%.

### **Мост через реку Плюсса**



*ИГЭ-2* Супесь песчанистая пластичная, с примесью органического вещества, черная.  
*ИГЭ-3* Глина легкая пылеватая, мягкопластичная, с низким содержанием органического вещества, серая. *ИГЭ-4* Песок гравелистый, средней плотности, влажный и водонасыщенный, с примесью органического вещества, коричневый. *ИГЭ-5* Песок крупный, средней плотности, влажный и водонасыщенный, коричневый. *ИГЭ-6* Песок мелкий, средней плотности, влажный и водонасыщенный, коричневый. *ИГЭ-7* Песок

пылеватый, средней плотности, водонасыщенный, серо-коричневый. ИГЭ-8 Суглинок легкий пылеватый, полутвердый, с включениями гравия и гальки до 15%, коричневый. ИГЭ-9 Суглинок тяжелый пылеватый, полутвердый, с включениями гравия и гальки до 20%, коричневый.

### Мост через реку Великая

Тип 1			Тип 1		
ИГЭ-2	$E=25\text{МПа}$	В	ИГЭ-3	$E=37\text{МПа}$	В
ИГЭ-5	$E>50\text{МПа}$	Г	ИГЭ-4	$E=52\text{МПа}$	Г
ИГЭ-6	$R_c=40\text{МПа}$	В	ИГЭ-5	$E>50\text{МПа}$	Г
			ИГЭ-6	$R_c=40\text{МПа}$	В

ИГЭ-2 Суглинок легкий пылеватый тугопластичный, с дресвой и щебнем, неяснослоистый, серо-коричневого цвета, с линзами песка средней крупности, насыщенного водой, крошкой известняка. ИГЭ-3 Песок гравелистый, средней плотности, с дресвой и щебнем до 20%, влажный. ИГЭ-4 Суглинок легкий пылеватый твердый, серо-коричневый, с включением дресвы и щебня до 30%, с прослоями супеси песчанистой твердой. ИГЭ-5 Выветрелая зона - известняк разрушенный до состояния дресвы и щебня, сильновыветрелый, светло-серого цвета. ИГЭ-6 Известняк светло-серый, плотный, средней прочности, сильнотрещиноватый, мергелистый, с пятнами ожелезнения.