

Хориков Виктор Игоревич

Выпускная квалификационная работа

Анализ и оценка инженерно-геологических условий различных участков береговой зоны Самбийского полуострова с целью их инженерно-геологической типизации

Уровень образования: магистратура

Направление *05.04.01 «Геология»*

Основная образовательная программа *ВМ.5515.2018 «Геология»*

Профиль *«Инженерная геология»*

Научный руководитель:

старший преподаватель кафедры
грунтоведения и инженерной геологии

кандидат г.-м. наук,

доцент Корвет Н.Г.

Рецензент:

ведущий научный сотрудник отдела
региональной геоэкологии и морской геологии

ФГБУ «ВСЕГЕИ»

кандидат г.-м. наук Жамойда В.А.

Санкт-Петербург

2020 г.

Оглавление

Введение	3
Глава 1. Физико-географические условия исследуемой территории береговой зоны Самбийского полуострова.....	5
1.1. Геоморфология.....	5
1.2. Климатические условия.....	7
Глава 2. Геологическое строение территории.....	9
2.1. Литология и стратиграфия.....	9
2.2 Тектонические особенности территории.....	13
Глава 3. Гидрологические и гидрогеологические условия территории	18
Глава 4. Понятия «береговые зоны» и их инженерно-геологические особенности	22
4.1. Строение береговой зоны.....	22
4.2. Инженерно-геологические условия береговой зоны и оценка категории сложности.....	25
Формирование инженерно-геологических условий береговых зон	25
4.3. Факторы формирования инженерно-геологических условий береговых зон.....	27
Глава 5. Инженерно-геологическая оценка исследуемых участков береговой зоны Самбийского полуострова.....	36
5.1. Северное побережье Самбийского полуострова	36
5.1.1. Участок «Светлогорск»	39
5.1.2. Участок «Филино»	51
5.2. Западное побережье Самбийского полуострова	56
5.2.1. Участок «Донское»	59
5.2.2. Участок «Янтарный»	66
Глава 6. Типизация инженерно-геологических условий исследуемых участков	76
6.1. Принципы типизации инженерно-геологических условий территорий	77
6.2. Выбор классификационных признаков для типизации инженерно-геологических условий исследуемых участков	79
6.3. Типизация инженерно-геологических условий участков Самбийского полуострова по выбранным классификационным признакам.....	83
6.4. Рекомендации по защите береговой зоны Самбийского полуострова	84
Заключение	86
Список литературы.....	87
Приложения	90

Ведение

Калининградская область - уникальный регион Российской Федерации, расположенный в Центральной Европе и граничащий с Польшей на юге, Литвой на севере и востоке, а на западе омываемый Балтийским морем. Эксклавное геополитическое положение, богатые природные и курортно-рекреационные ресурсы, высокий научно-технический потенциал создают благоприятные предпосылки для социально-экономического развития Калининградской области (Географический атлас, 2002).

Самбийский полуостров располагается в западной части Калининградской области. Берега полуострова омывает Балтийское море. В результате того, что береговая зона на рассматриваемой территории имеет сложное геологическое строение и морфологию, волновая абразия оказывает колоссальное влияние на литодинамику как в субаквальной, так и в субаэральной части побережья. На некоторых участках берег отступает с внушительной скоростью, которая достигает нескольких метров в год. Побережье и прилегающая акватория Самбийского полуострова долгое время используется человеком как в рекреационных целях, так и с точки зрения добычи полезных ископаемых. В западной части располагается Янтарный комбинат, с севера активно осваивается Кравцовское нефтяное месторождение. Практически вся береговая линия полуострова сильно застроена и плотность сооружений растет ежегодно. Все вышеперечисленное обуславливает высокую значимость и актуальность инженерно-геологических наблюдений на рассматриваемом участке.

Целью данной работы являлось обоснование инженерно-геологической типизации различных участков береговой зоны Самбийского полуострова для оценки инженерно-геологических условий исследуемой территории.

С этой целью были поставлены следующие задачи:

- Осуществить сбор, анализ, обобщение фондовых материалов по результатам проведенных геологоразведочных и инженерно-геологических работ, литературных источников, собственных исследований береговой зоны Самбийского полуострова.
- Изучить вопросы, рассматривающие особенности инженерно-геологических условий участков рассматриваемой территории.
- Осуществить инженерно-геологическую типизацию исследуемых участков.

Выражаю огромную благодарность моему научному руководителю Корвет Н.Г. за помощь в написании магистерской диссертации, а также заведующему кафедрой Бурлуцкому С.Б. и всему преподавательскому составу кафедры «грунтоведения и инженерной геологии» за базовые знания, полученные во время обучения.

Особую благодарность выражаю заведующей отделом региональной геоэкологии и морской геологии ФГБУ «ВСЕГЕИ» Рябчук Д.В., ведущему научному сотруднику отдела Жамойде В.А. и всему коллективу отдела за возможность выполнения необходимых работ в полевых и камеральных условиях, за помощь и предоставленные материалы, необходимые для написания магистерской диссертации.

Глава 1. Физико-географические условия исследуемой территории береговой зоны Самбийского полуострова

1.1. Геоморфология

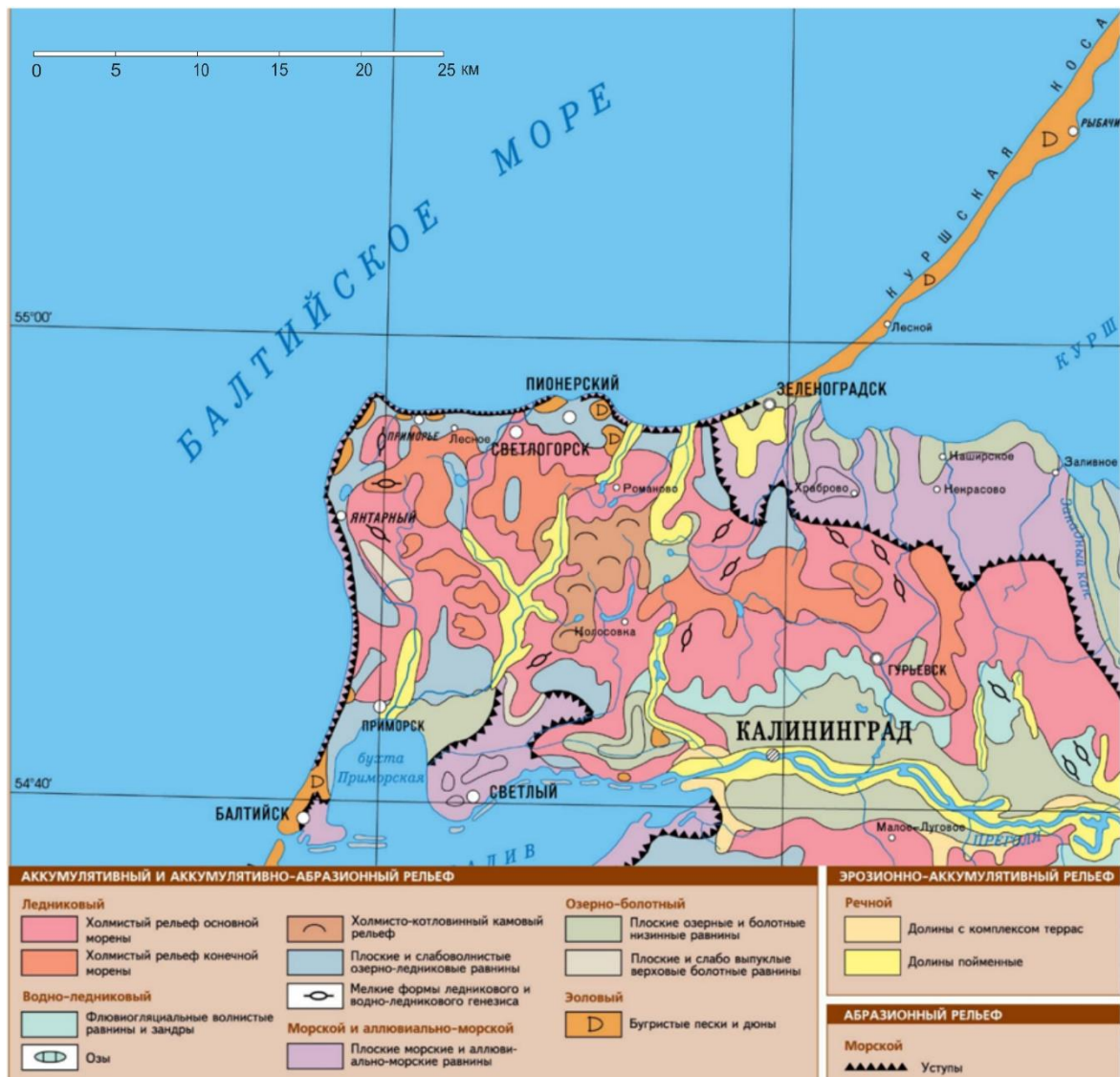


Рис.1. Геоморфологическая карта (Географический атлас, 2002).

Геоморфологическое строение области тесно связано с последним (Валдайским) оледенением. Решающее влияние на геоморфологический облик оказали процессы размыва и переотложения моренных и флювиогляциальных отложений (рис.1). Рельеф изучаемой территории представлен чередованием равнин и понижений с холмисто-грядовыми возвышенностями (Орленок, 1995).

Территория Калининградской области приурочена к Куршско-Прусской низменности. Для большей части региона характерен холмистый рельеф основной и конечной морены. Вармийская, Виштынецкая и Самбийская возвышенности являются конечно-моренными образованиями. На западе и юго-востоке присутствуют камовые холмы, связанные с развитием водно-ледникового рельефа. Озерно-болотные низинные

равнины тяготеют к долинам рек. Нередко долины рек осложнены террасами. В районе побережий Куршского и Калининградского заливов расположены плоские морские и аллювиально-морские равнины. Эоловый рельеф наблюдается на побережье заливов и косах, представлен бугристыми песками и дюнами. Северное и Западное побережье Самбийского полуострова представлено по большей части абразионными уступами (Географический атлас, 2002).

Берега Калининградского полуострова преимущественно крутые и обрывистые. Средняя высота - 15-30 м. От полуострова в стороны отходят две узкие песчаные косы - Куршская и Балтийская. Большая протяженность береговой линии характерна для Балтийского моря. Морские берега представлены сочетанием абразионных, аккумулятивных и переходных абразионно-аккумулятивных форм. Абразионные формы преобладают на побережье Самбийского полуострова, в то время как аккумулятивные формы рельефа тяготеют к береговым участкам в пределах дюн и заливов, отделенных дюнами от Балтийского моря. В пределах Калининградской области находится северная часть Балтийской косы длиной 25 км и южная часть Куршской косы протяженностью 49 км. Дюны на Куршской косе имеют высоту до 68 метров (преобладают высоты до 30-40 метров. Дюны Балтийской косы не превышают 40 метров по высоте (Атлас, 2009).

В прибрежной зоне ледниковый рельеф частично переработан волновой деятельностью. Процессы, вызываемые действием волн, протекавшие на исследуемой территории в разное время и на разных уровнях, привели к переработке первичного рельефа. За счет волновых процессов образовались такие специфические береговые формы рельефа как береговые уступы, пересыпи, береговые валы и т.д. На направленность и интенсивность берегоформирующих процессов существенно влияют уклоны первичного рельефа, а также состав слагающих его отложений. Мысы и выступы соответствуют выходам к урезу плотных валунных суглинков. Там, где берег срезает поля рыхлых, слабосцементированных, легкоразмываемых отложений, формируются пологие вогнутости берега (Жиндарев и др., 2012).

Прибрежное мелководье, протянувшееся вдоль берегов Калининградского региона можно разделить на две зоны: подводный береговой склон (с глубинами до 20 м) и внешнюю часть мелководья. Рельеф мелководья частично выровнен, однако, на внешней его части наблюдаются небольшие холмисто-грядовые формы ледникового рельефа высотой 5—10 м. Глубже 50 м прибрежное мелководье плавно переходит в достаточно пологие склоны впадин, имеющих уклон менее 10 (Гидрометеорология, 1992).

Для грунтов Балтики характерны камни и валуны, которые часто встречаются на дне моря. В прибрежных районах большое распространение получили песчаные отложения (Национальный атлас, 2007).

1.2. Климатические условия

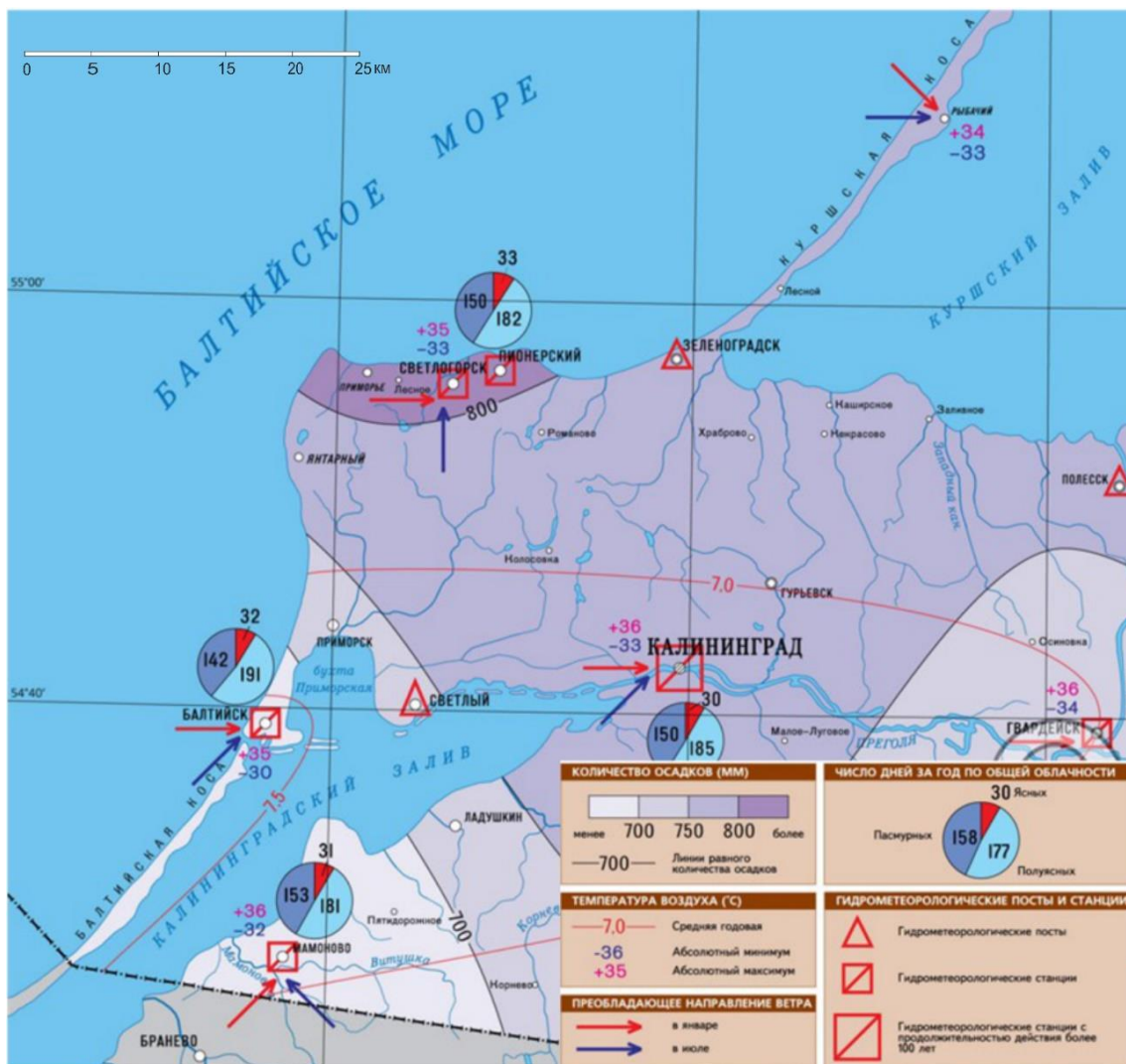


Рис.2. Климатическая карта (Географический атлас, 2002).

Климат Калининградской области переходный от морского к умеренно-континентальному с мягкой, изменчивой зимой и умеренно-теплым летом (рис.2). Существенное влияние на климат оказывает Северо-Атлантическое течение, несущее внушительные массы теплой воды, часть которой через проливы поступает в Балтийское море (Атлас, 2010).

Температура воздуха определяется поступлением воздушных масс с Атлантики, а также близостью Балтийского моря (рис.3). Средняя годовая температура воздуха около +8°C, наиболее холодным месяцем в году со среднемесячной температурой около -2°C является январь, самым теплым – июль, со среднемесячной температурой +17... +18°C (Географический атлас, 2002).

Абсолютный минимум температуры воздуха приходится на январь и составляет минус 33°C, абсолютный максимум наблюдается в июле и равен 37°C согласно СП 131.13330.2011.

Месяц	Абсолют. минимум	Средний минимум	Средняя	Средний максимум	Абсолют. максимум
январь	-32.2 (1956)	-3.9	-1.5	0.7	12.7 (2007)
февраль	-33.3 (1956)	-3.6	-1.1	1.5	15.6 (1989)
март	-21.7 (1965)	-1.1	2.0	5.6	23.0 (1968)
апрель	-5.8 (2013)	2.9	7.3	12.3	28.5 (2012)
май	-3.1 (1971)	7.4	12.5	18.0	30.6 (1983)
июнь	0.7 (1951)	10.9	15.5	20.5	34.0 (2019)
июль	4.5 (1950)	13.6	18.1	23.0	36.3 (1994)
август	1.6 (1952)	13.1	17.6	22.6	36.5 (1992)
сентябрь	-2.0 (1996)	9.2	13.1	17.6	33.8 (2015)
октябрь	-11.1 (1956)	5.2	8.4	12.1	26.4 (1966)
ноябрь	-18.7 (1998)	1.1	3.3	5.6	19.4 (1968)
декабрь	-25.6 (1969)	-2.5	-0.3	1.9	13.3 (2006)
год	-33.3 (1956)	4.4	7.9	11.8	36.5 (1992)

Рис.3. Температура в Калининграде по месяцам (Ист.:

<http://www.pogodaiklimat.ru/climate/26702.htm>)

Климат области во многом определяется циркуляцией воздушных масс Атлантического океана и Европейского континента. Значительное влияние на климат имеет ветровой режим. Преобладающими ветрами являются ветра западного и юго-западного направления. Средняя скорость ветра на побережье достигает 5-6 м/с, в южных и восточных районах она уменьшается до 3,5-4,0 м/с по СП 131.13330.2011.

Атмосферных осадков выпадает от 650 до 940 мм. Наибольшее количество осадков в отдельные годы достигает 1100 мм, наименьшее – 400 мм. Осадки, выпадающие в Калининградской области, превышают испарение, это приводит к сезонному избыточному переувлажнению. Влажность воздуха высокая и достигает днем 70%, а утром и вечером 84-97% (Географический атлас, 2002). Относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца составляет 86%, наиболее теплого - 75% (Гидрогеология СССР, 1970).

Приморское положение области и близость Атлантического океана, обуславливают климатические особенности региона. Преобладание морских воздушных масс, невысокая испаряемость и внушительное количество осадков вызывают большую увлажненность территории и заболоченность, приуроченную к понижениям рельефа.

Глава 2. Геологическое строение территории

2.1. Литология и стратиграфия

Территория Калининградской области расположена в западной части Восточно-Европейской платформы. Регион находится в пределах Балтийской синеклизы с глубоким погружением поверхности кристаллического фундамента и мощным осадочным чехлом. Наиболее погружена осевая часть синеклизы, она располагается в акватории Балтики.

В геологическом строении территории Калининградской области принимают участие протерозойские и фанерозойские образования различного состава и происхождения. Кристаллический фундамент сложен раннепротерозойскими образованиями: гнейсами, кристаллическими сланцами и амфиболитами, которые залегают в пределах глубин 1200-3000 метров от дневной поверхности. В строении осадочного чехла синеклизы принимают участие отложения палеозойского, мезозойского и кайнозойского возрастов мощность которых закономерно возрастает с севера на юг до 4000-4500 м и резко сокращается на бортах впадины (Объяснительная записка, 2011).

ПАЛЕОЗОЙСКАЯ ЭРАТЕМА

Кембрийская система (Є1). Кембрийские отложения развиты на всей территории описываемого региона и представлены преимущественно тонкообломочными породами: аргиллитами, алевролитами и песчаниками, преобладающими в нижней части разреза. Максимальная мощность кембрийских отложений, установленная в акватории, составляет 307 метров и уменьшается с юга на север (Объяснительная записка, 2011).

Ордовикская система (O). Ордовикская система представлена терригенно-карбонатными морскими отложениями, имеющими повсеместное распространение. Отложения залегают со стратиграфическим несогласием на размытой поверхности кембрия. Глубина залегания кровли ордовика в абсолютных отметках изменяется от –1150 м на востоке области до –2616 м на шельфе. Общая мощность отложений ордовика колеблется в пределах 80 м (на юге) - 160 метров (на севере) (Объяснительная записка, 2011).

Силурийская система (S). Отложения силура залегают трансгрессивно на размытой поверхности ордовикских образований и несогласно перекрываются девонскими отложениями. Силурийские отложения распространены по всей территории Калининградской области. Они представлены морскими терригенными и карбонатными осадками с преобладанием относительно глубоководных карбонатсодержащих аргиллитов и глин. Стратоизогипсы кровли силура на описываемой площади изменяются от –700 м на востоке до –1400 м в западной части региона, в зоне шельфа. В этом же направлении увеличивается и мощность осадков: от 400 до 1446 м (Объяснительная записка, 2011).

Девонская система (D). На рассматриваемой площади, отложения девона распространены только в северной части. Представлены девонские отложения морскими, лагунными и континентальными отложениями, трансгрессивно залегающими на силурийских образованиях. Мощность девонских отложений достигает 100 метров. Нижний контакт девона четко фиксируется по смене сероцветных пород силура на пестроцветные отложения девонского возраста, а верхний – по несогласному налеганию пермских отложений (Объяснительная записка, 2011).

Пермская система (P). Пермские отложения на исследуемой территории распространены повсеместно. В составе отложений пермского возраста преобладают лагунно-морские образования солеродных бассейнов мощностью до 360 м. В основании разреза залегают конгломераты и песчаники. Общая мощность пермских отложений достигает 490 м (Объяснительная записка, 2011).

МЕЗОЗОЙСКАЯ ЭРАТЕМА

Триасовая система (T). Отложения триасовой системы развиты на всей изученной территории и представлены на ней двумя отделами. Нижний отдел представлен преимущественно доломитовыми глинами и аргиллитами, присутствуют мелкие включения гипса. Верхний комплекс сложен глинами, алевролитами, песчаниками и доломитизированными глинами. Отложения триаса с размывом залегают на пермских и также с размывом перекрываются юрскими отложениями. Абсолютные отметки кровли триасовых образований изменяются от –280 м на северо-востоке области до –610 м в юго-западной ее части, а мощность соответственно от 202 до 520 м (Объяснительная записка, 2011).

Юрская система (J). По литолого-фациальным особенностям юрская система разделяется на две части. Нижняя часть разреза юры, представлена континентальными и субконтинентальными отложениями, верхняя – образованиями морского генезиса. Породы представлены глинистыми известняками-ракушечниками, карбонатными глинами и аргиллитами (глинистыми). Юрские отложения выходят на дочетвертичную поверхность на шельфе Балтийского моря и в палеоврезах древних речных долин. Отложения юры залегают несогласно на верхнетриасовых образованиях. Перекрываются почти повсеместно осадками нижнего, а иногда – верхнего мела. Наибольшая мощность юры отмечена на юго-западе области и достигает 310 метров (Объяснительная записка, 2011).

Меловая система (K). Меловые отложения трансгрессивно залегают на отложениях верхней юры. На значительной части территории отложения мела перекрываются породами четвертичного периода, а в западной и южной частях области отложения юры перекрыты палеогеновыми отложениями. Наибольшей мощности отложения мела

достигают в юго-западной части региона, где она составляет до 320 м. Глубина их залегания от 10 м (в долине р. Неман) до 277 м (на юго-востоке области). Отложения мела представлены нижнемеловой терригенной и верхнемеловой терригенно-кремнисто-карбонатной толщами (Объяснительная записка, 2011).

КАЙНОЗОЙСКАЯ ЭРАТЕМА

Палеогеновая система (Pg). Отложения палеогена развиты на юго-западе области, в том числе и в пределах акватории Балтийского моря. Отложения залегают с размывом на толще верхнего мела и перекрываются неогеновыми и четвертичными образованиями. Достигают мощности 190 метров. Палеогеновые отложения представлены морскими мелководными преимущественно мелко- и тонкообломочными породами, иногда слабоизвестковистыми. Палеогеновая толща местами обнажается на дневной поверхности на Самбийском полуострове (и там же вскрыта карьерами по добыче янтаря), на остальной территории погружена под неогеновые и четвертичные осадки и залегает на глубине до –280 метров (Объяснительная записка, 2011).

Неогеновая система (N). На территории региона отложения неогена пользуются распространены весьма нешироко. Закартированы они лишь на западе Самбийского полуострова и на юго-западе области, на восточном побережье Калининградского залива. В шельфовой части региона породы неогена не встречены. Отложения неогенового возраста представлены кварцевыми песками и алевролитами. Встречаются прослойки темно-серых глин. Залегают неогеновые отложения с размывом на отложениях олигоцена и эоцена. Мощность достигает 70 м.

Четвертичная система (Q). Четвертичные отложения имеют широкое распространение на территории Калининградской области, они встречаются повсеместно. Залегают они на размывтой поверхности мела и палеогена, имеют мощность от первых метров (на побережье) до 266 м, в среднем составляя 50–60 м (Объяснительная записка, 2011). Четвертичные отложения по возрасту и литологическому составу делятся на плейстоценовые (преимущественно ледникового происхождения) и голоценовые (послеледниковые отложения). Общая продолжительность четвертичного периода составляет около 1,8 млн. лет, последние 10 тысяч лет из которых занимает голоцен (Географический атлас, 2002).

Ледниковые отложения ошашковского горизонта практически сплошным слоем перекрывают дочетвертичные образования в пределах акватории Балтийского моря. Морена обнажается как на поверхности морского дна – в районе прибрежного мелководья у Куршской косы, так и на побережье Самбийского полуострова. В состав отложений входят бурые супеси и суглинки, часто встречаются включения валунов, гальки и гравия.

Крупнообломочный материал представлен карбонатными породами: мегрелями, доломитами, известняками. В районе полуострова встречаются кремни, фосфориты, глауконитовые песчаники. В акватории мощность морены достигает 35 м (Атлас, 2010).

Флювиогляциальные отложения состоят из разнозернистых песков, встречается большое количество гальки и гравия, нередко в виде прослоев. Залегают на морене в долинах крупных рек и в пределах краевых образований. Их мощность достигает 20-25 метров. Мощность может достигать 25 метров. Озерно-ледниковые отложения представлены ленточными глинами коричневатого-серого цвета, суглинками и супесями, имеют широкое распространение в пределах акватории, где их мощность в некоторых впадинах может достигать 8-10 метров (Атлас, 2010).

Современные четвертичные отложения голоценового возраста представлены, как правило песками, супесями, илистыми глинами, торфом, илами и сапропелями (Загородных и др., 2005). Они имеют широкое распространение по всей изучаемой территории. Представлены морскими, озерными, аллювиальными, дельтовыми (аллювиально-морскими), болотными, золовыми, хемогенными и техногенными отложениями. Мощность колеблется в пределах от полуметра до 80 метров (Куршская коса), но как правило не превышает 10-15 метров. *Морские* отложения распространены вдоль побережья Балтийского моря и представлены глинами, тонко и разнозернистыми песками, илами, торфами, сапропелями. *Озерные* отложения распространены в западинах дельтовой, озерно-ледниковой и моренной равнин. Они представлены иловатыми суглинками, илистыми песками, известковистыми глинами, илом и сапропелем. *Аллювиальные* отложения слагают поймы и террасы рек. Мощность аллювия в долинах наиболее крупных рек (Неман, Преголя и др.) достигает 15 метров. Аллювий представлен мелкими и пылеватыми песками с прослойками разнозернистых песков и глин. *Дельтовые* отложения развиты в устье Немана. Дельта Немана сложена песками с примесью гумуса, илистыми суглинками и глинами. *Болотные* отложения развиты преимущественно вдоль восточного и южного побережий Куршского залива. Представлены в основном торфом, илом, сапропелем и илистыми тонкозернистыми песками. Мощность болотных отложений достигает 13 метров, но как правило не превышает 2-3 метров. *Золовые* отложения слагают дюны на Куршской и Балтийской косах, высотой от 3 до 50 метров, представлены хорошо сортированными средне- и мелкозернистыми песками. *Хемогенные* отложения встречаются преимущественно в пределах развития болотных образований и представлены известковым туфом (луговой мергель) и болотными железными рудами. Мощность – первые метры. *Техногенные* отложения представлены насыпным грунтом в г. Калининграде, в районе порта и в пределах других городов и населенных пунктов (Загородных и др., 2001).

2.2 Тектонические особенности территории

В тектоническом отношении Калининградская область приурочена к юго-восточной части Балтийской синеклизы (рис.4), которая в свою очередь является крупной отрицательной структурой на западе Восточно-Европейской платформы (Загородных и др., 2001).

В регионе выделяются два структурных этажа: кристаллический фундамент архейско-протерозойского возраста и фанерозойский платформенный чехол. Фундамент залегает на глубинах от 1200 (на востоке) до 3350 (в западной части региона). В его строении принимают участие архейский и протерозойский структурные комплексы, породы которых прорваны рифейскими интрузиями гранитов, диоритов и гранодиоритов. Кристаллический фундамент разбит большим количеством разрывных нарушений, часть из которых сцементирована более поздними интрузиями (Загородных и др., 2005).

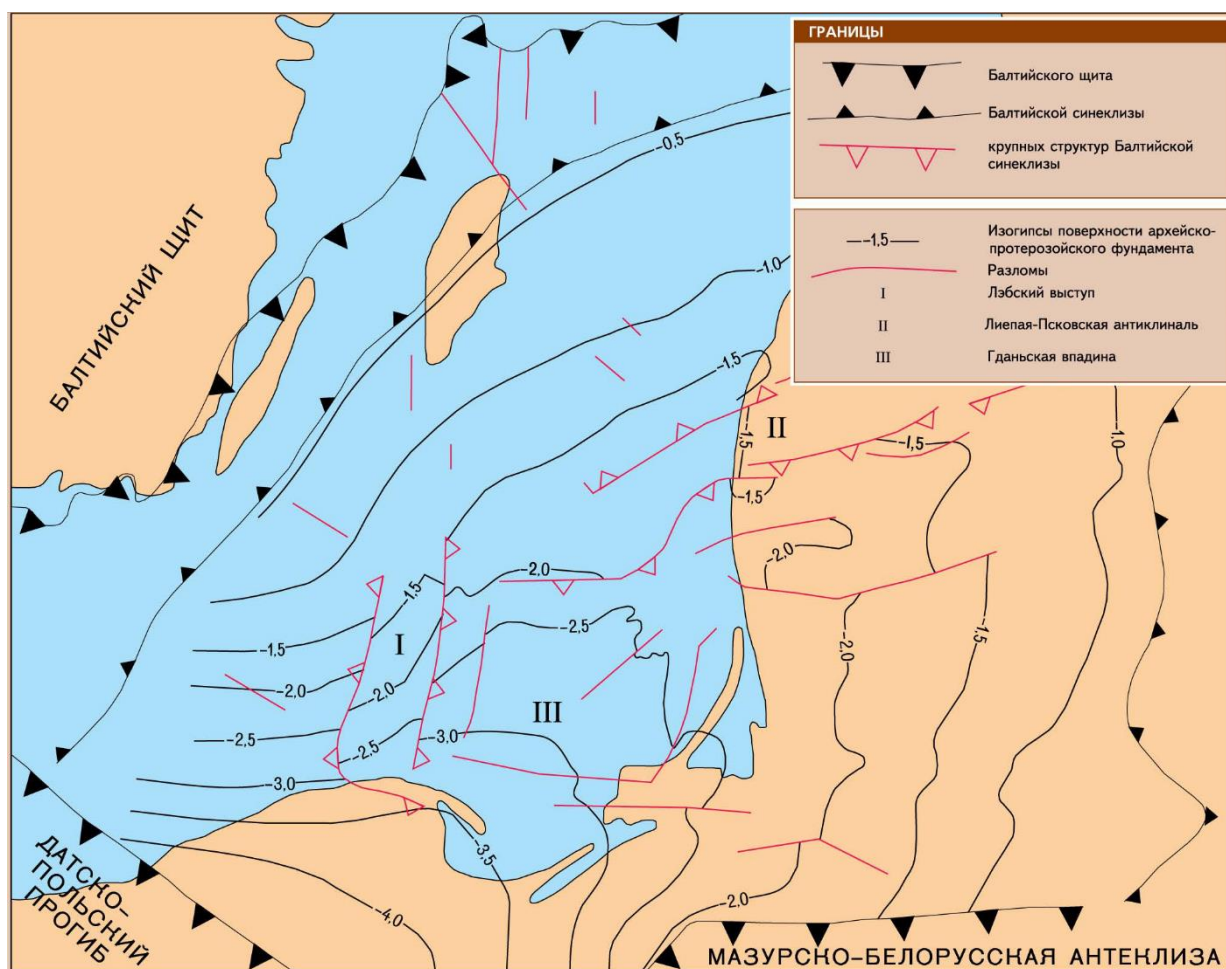


Рис.4. Тектоническая схема (составлена по материалам ВНИИморгео и СО "Петробалтик").

В пределах осадочного платформенного чехла выделяются следующие структурные комплексы: байкальский, каледонский, герцинский и альпийский. *Байкальский* комплекс включает в себя нижнекембрийские образования, в его составе

выделяется терригенная формация, которая представлена темно-серыми аргиллитами, алевролитами и песчаниками. Их мощность достигает 70 метров. *Каледонский* структурный комплекс состоит из двух этажей, первый из которых представлен чередованием песчаников с прослоями аргиллитов и алевроитов кембрийского возраста, мощностью до 50 метров. Второй этаж сложен ордовикско-нижнедевонскими породами довольно большой мощности (до 1500 м) и разнообразный по содержанию, в результате чего разделяется на несколько этажей. Ордовикский – преимущественно карбонатная формация, силурийско-нижнедевонский – глинисто-карбонатная и песчано-глинистая формация. *Герцинский* структурный комплекс состоит из ниже-верхнедевонских и нижнепермских отложений. Отложения карбона на территории Калининградского региона не прослеживаются. Разбит на два этажа. Нижний представлен терригенной пестроцветной формацией и развит только в северной половине области (мощность до 320 м). Верхний сложен аркозовыми песчаниками и достигает мощности 45 метров. *Альпийский* структурный комплекс представлен образованиями осадочного чехла от верхней перми до неогена включительно. Толща имеет внушительную мощность, более 1500 метров и сложена различными по структуре и формациям образованиями. Перекрываются образования структурных комплексов четвертичными отложениями, мощностью от 15 метров (в северных районах) до 270 метров (в южной части региона) (Загородных и др, 2005).

Интрузивные образования в отложениях платформенного чехла наблюдаются лишь в пределах акватории Балтийского моря, встречены в 10-20 км на запад от побережья Самбийского полуострова и выделяются как самбийский интрузивный комплекс (Загородных и др., 2005).

В пределах акватории Балтики Неманский глубинный разлом нарушает поверхность фундамента и делит Балтийскую синеклизу на две части северную и южную. В южной части располагается Южно-Калининградская зона разломов. Эта область представляет собой наиболее опущенную часть на восточном борту Балтийской синеклизы. Поверхность фундамента на шельфе в структурном плане, характеризуется плавным погружением к юго-западу по оси впадины (Атлас, 2010).

Современная тектоническая активность региона в значительной мере обусловлена изостатическим выравниванием, которое происходит на уровне верхней мантии (рис.5). Этот процесс стал возможен после снятия нагрузки в результате таяния ледниковых толщ.

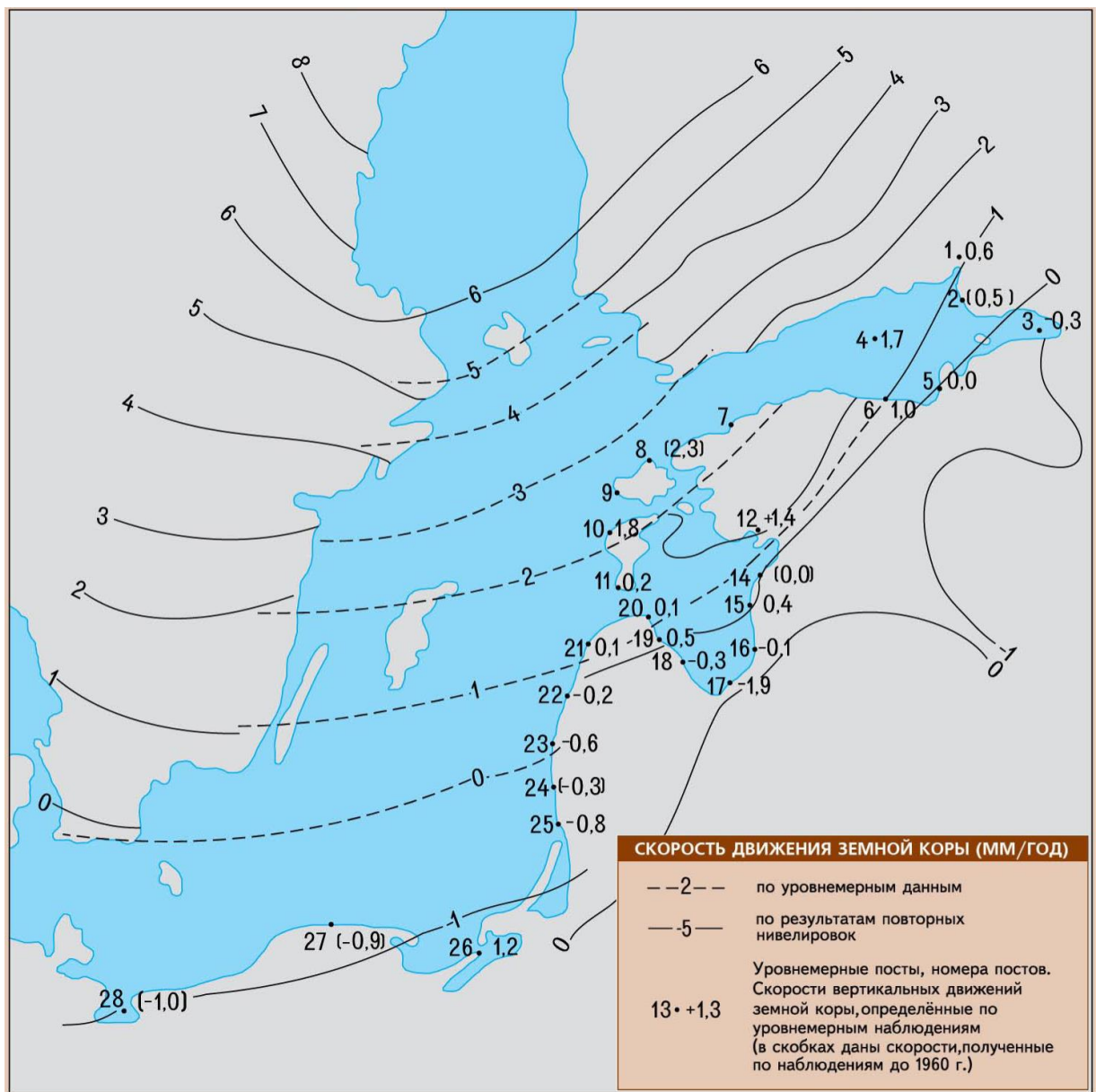


Рис.5. Схема вертикальных движений земной коры (1889-1970 гг) (Атлас, 2002).

Калининградский регион находится на северо-западе древней и устойчивой Восточно-Европейской платформы. Однако он контактирует через ряд глубинных разломов и тектонических линий с молодой Западно-Европейской платформой, и это делает тектонический режим области более неустойчивым и подвижным. По данным шведского геофизика Н.-А. Морнера за последние 12 тыс. лет в Калининградском регионе произошло 54 крупных события, которые были связаны с сейсмической активностью, шестнадцать из них сопровождались внушительными цунами, высота волн которых в некоторых случаях достигала 20 метров. Доказательством того, что блоки земной коры совершали подвижки в исследуемом регионе, служат находки донных лагунных илов, взброшенных на высоту 2-3 м над уровнем моря. В обнаруженных илах присутствует фауна возрастом по $C^{14} = 2340$ и 2820 лет.

21 сентября 2004 г. в Калининградской области произошла серия землетрясений (рис.6), которые показали, что сейсмический потенциал региона недооценен и, хотя в области и не случались такие масштабные катастрофы как на сейсмически- и цунамиопасных побережьях, опасности существуют и будут существовать (Харин и др., 2010).

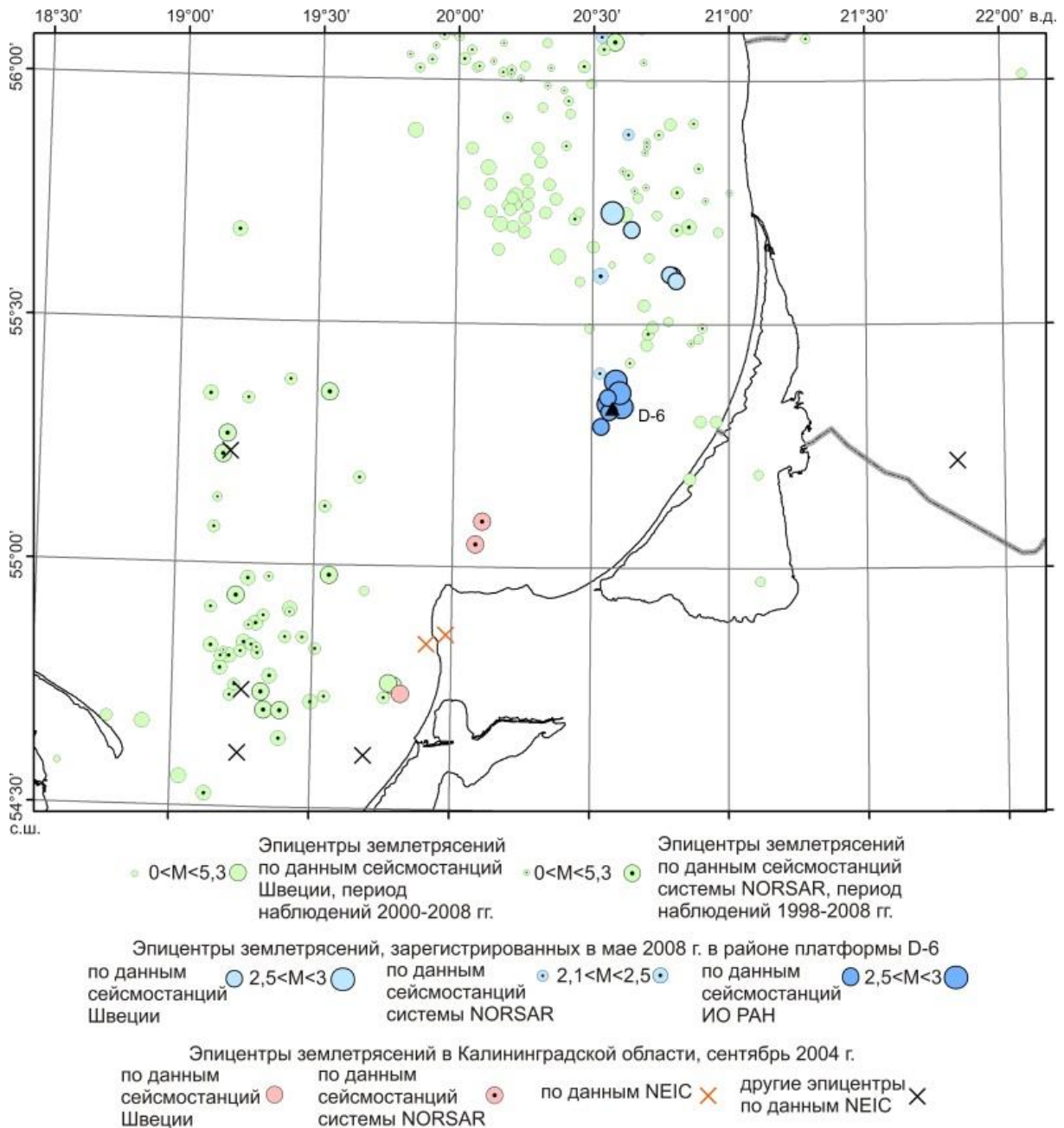


Рис.6. Сводная карта эпицентров землетрясений юго-восточной части Балтийского моря и прилегающей суши (Нефть и окружающая среда, 2012).

«Очаговая область землетрясений 2004 г. приурочена к сейсмоактивной зоне, расположенной западнее Самбийского полуострова. По данным Гарвардского центра (США) моментная магнитуда главного землетрясения составила $M_w = 4,7$, а подвижка пород в очаге соответствовала левостороннему сдвигу» (Уломов и др. 2008). При главном толчке выделены два участка 6-балльных сотрясений. Один из них расположен западнее г.

Калининграда, другой – в северо-западной части Самбийского полуострова (Уломов и др. 2008). Сложные грунтовые условия во многих прибрежных районах Калининградского региона усиливают уязвимость сооружений даже при сейсмических воздействиях относительно небольшой интенсивности. Считается, что причины землетрясений в Калининградской области носят природный характер, однако стоит отметить, что добыча нефти на Кравцовском месторождении, а также добыча сланцевого газа на территории Польши, так же могут послужить причинами возникновения техногенно-иницированных землетрясений.

Глава 3. Гидрологические и гидрогеологические условия территории

Поверхностные воды.

Территория Калининградской характеризуется тем, что располагается в зоне избыточного увлажнения. Равнинный рельеф, преобладание глинистых пород на поверхности, все это обуславливает большое количество рек и заболоченных участков (рис.7). Гидрографическая сеть хорошо и равномерно развита по площади, ее густота – 0,9-1,4 км/км² (Атлас, 2002).

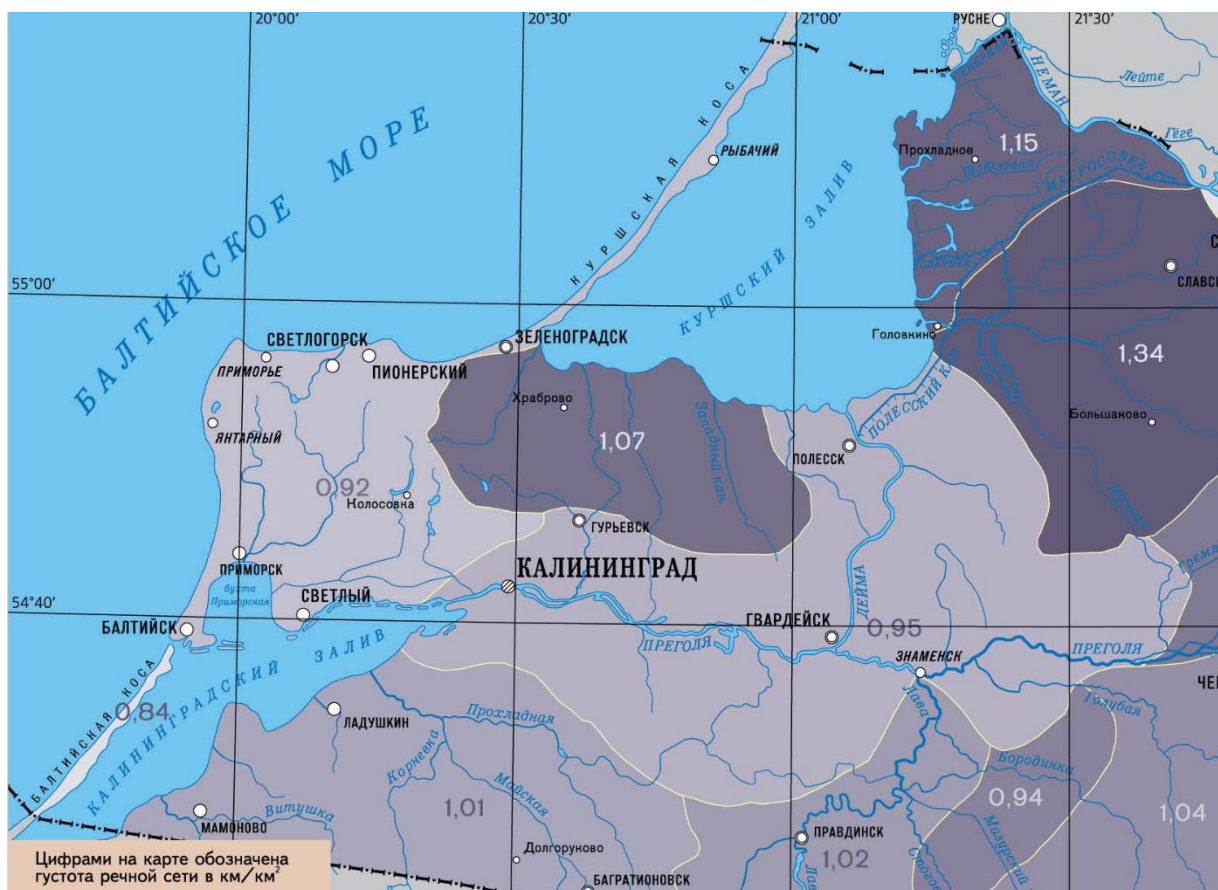


Рис.7. Густота речной сети (Атлас, 2002).

Длина рек Калининградской области составляет 12720 км, а количество водотоков достигает 4610, однако, рек, длина которых свыше 100 км всего шесть. Самые крупные реки – Неман (крупнейший приток – Шешупе) и Преголя (крупнейшие притоки – Иструч, Лава и Анграпа). Большая часть водотоков в регионе относятся к равнинному типу. Они имеют смешанное питание, питаются снеговыми, дождевыми и грунтовыми водами. Даже самые маленькие реки практически не пересыхают. Многие из рек Калининградского региона являются важными транспортными артериями, а также играют важную роль в водоснабжении прилегающих городов (Атлас, 2002).

Озера в Калининградской области немногочисленны, в регионе относительно крупных озер насчитывается 38. Их общая площадь около 10 га. Наиболее крупное озеро области – Виштынецкое, оно имеет площадь 17,6 км², объем воды около 260 млн м³, а максимальная глубина достигает 54 метров (Атлас, 2002). Значительную часть озер представляют озера-старицы. Среди озёр области много озёр-стариц. Куршский и Калининградский заливы являются самыми крупными внутренними водоемами в регионе. С морем их соединяют узкие проливы, ширина которых не превышает 300-400 метров. Эти заливы Балтийского моря представляют собой лагуны —лиманы, отгороженные от моря косами, сложенными песчаными отложениями (Гидрогеология СССР, 1970).

Подземные воды

Подземные воды Калининградского региона приурочены к южной части Прибалтийского артезианского бассейна, расположенного в наиболее погруженной центральной части Балтийской синеклизы. Большая часть песчаных и гравийных отложений четвертичной, неогеновой и палеогеновой систем, а также трещиноватые мергели мелового возраста обводнены. Глубина залегания пресных подземных вод не превышает 150 метров, встречаются и аномалии соленых вод на меньших глубинах, они связаны с наличием тектонических нарушений. Минерализация пресных вод в Калининградской области, как правило, не превышает 1 г/л. Ниже зоны, насыщенной пресными водами, присутствуют минеральные воды, приуроченные к осадочным отложениям мезозойско-протерозойского возраста (Загородных и др., 2005).

В регионе хорошо развиты водоупорные толщи глинистого состава, разделяющие осадочные породы чехла на три гидрогеологических этажа. Верхний этаж образует отложения мелового, юрского и триасового возраста мощностью до 500 метров. Второй объединяет пермские и девонские отложения. Минерализация вод второго гидрогеологического этажа достигает 100 г/л. Третий – нижнепалеозойский гидрогеологический этаж представлен терригенно-карбонатными породами ордовикского и кембрийского возраста. Воды третьего этажа в западной части рассматриваемой территории можно отнести к термальным, их температура достигает 96°C (Загородных и др., 2005).

Гидрология моря

Гидрологический режим Балтики во многом определяется изолированностью от океана. Солевой режим, особенности динамики водных масс определяются речным стоком и водообменом с Северным морем. Суточные изменения уровня моря незначительны и наиболее выражены зимой из-за того, что в этот период выше штормовая

активность. Приливо-отливные колебания уровня невелики и не превышают 10-20 см. Наибольшее изменение уровня моря в регионе может происходить за счет нагонных ветров. В результате эффекта подпора со стороны берегов изменения уровня порой может достигать 2 метров в вершинах бухт и заливов. В течение года на Балтийском море преобладает волнение силой в 2-3 балла. При сильных ветрах с запада активность волнения на отдельных участках может достигать 5-6 баллов. Наиболее высокая повторяемость сильных западных ветров в регионе отмечается в осенне-зимний период. Особенностью Балтийского моря является то, что верхний слой моря более опресненный, чем водная толща на глубине, соленость поверхностного слоя испытывает сезонную изменчивость. Амплитуда температурных колебаний слоя – 18-20°C, с максимальными в августе (20,1°C) и минимальными в феврале (0,4°C). Средняя многолетняя температура поверхностного слоя около 9°C. На Балтийском море преобладают ветровые течения, которые при сильных штормах могут достигать 1 м, а в прибрежной зоне до 2 м. Постоянные течения в Балтийском море проявлены незначительно и их скорость редко превышает 0,3 м/с.

Длительные стационарные измерения, проведенные сотрудниками Атлантического отделения института океанологии им. П.П.Ширшова Российской Академии наук (90-е годы) дали возможность получить информацию о пространственно-временной структуре течений в береговой зоне Самбийского полуострова. В результате обобщения (Бабаков, 2003) построена схема, которая отражает распространение течений различного генезиса на прибрежных участках. Всего выделено 4 зоны, показывающие границы различных типов течений при действии типичных западных штормов, силой до 18-20 м/с. (рис.8)

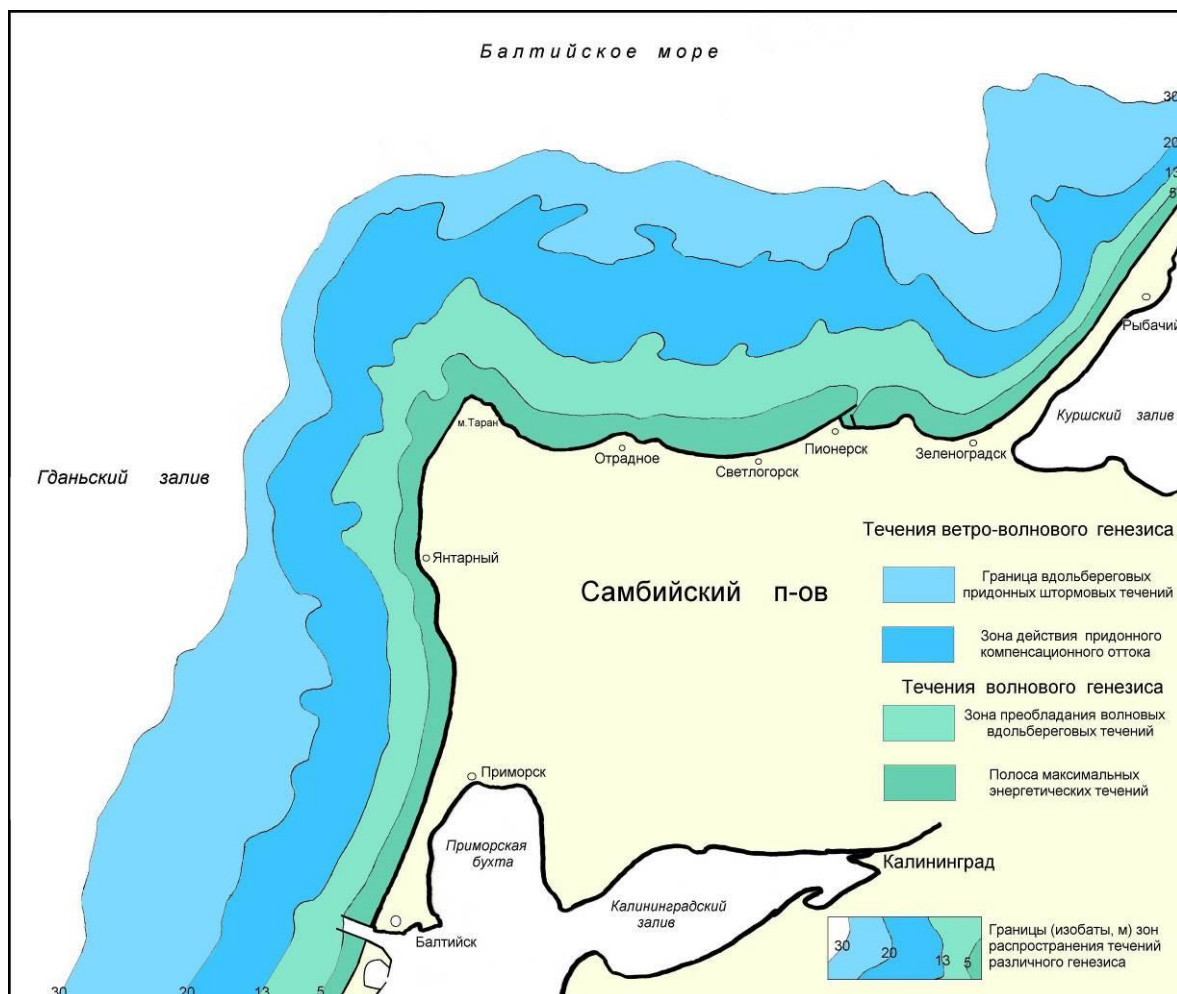


Рис.8. Зоны прибрежных течений разного генезиса с морской границей устойчивого вдольберегового переноса придонных вод в период типичных западных штормов (Бабаков, 2003).

При штормовом западном ветре скоростью до 20 м/с, максимальная скорость придонных течений в северной части полуострова отмечается в районе изобаты 5 м и достигает 1.2 - 1.5 м/с. Мористее, в районе глубин 8-10 метров скорость придонных течений резко ослабевает, в диапазоне 10-13 м все еще ослабевает, но уже более плавно. Глубже изобаты 13 м влияние ветра силой 18-20 м/с превалирует над волновым фактором при генерации штормовых течений. Зона наносодвижущих течений ($V > 20$ см/с) и компенсационного оттока вод при штормовых ветрах может достигать до глубин в 20 м. Морская граница вдольбереговых придонных течений на побережье Самбийского полуострова прослеживается на глубине около 30 м (Бабаков, 2003).

Глава 4. Понятия «береговые зоны» и их инженерно-геологические особенности

4.1. Строение береговой зоны

Береговая зона представляет собой тесно взаимосвязанные площади прибрежных акваторий и приморской полосы суши. Береговые зоны выделяются в виде самостоятельного «геоблока». Береговая зона определяется как зона современного взаимодействия суши и моря, состоящая из субаэральной (наземной) части (берега) и субаквальной части (подводного берегового склона) (Спиридонов, Рябчук и др., 2006).

Для исследования береговой зоны, необходимо учитывать особенности как надводной, так и подводной части, подходить к изучению нужно комплексно, в том числе и при оценке инженерно-геологических условий (ИГУ). Этот подход, разработан основоположниками Российского береговедения в 50-60х гг. XX века. Он позволяет успешно решать теоретические и практические проблемы развития берегов. В дальнейшем эти принципы были применены для создания геологической основы защиты и укрепления берегов, в том числе в российском секторе Балтийского моря.

Геолого-геоморфологические критерии являются основными, при выделении береговой зоны. Важную роль в определении ИГУ береговой зоны оказывает геологическое строение территории, особенности истории геологического развития, формирования рельефа и осадочного покрова. Для проведения мероприятий по укреплению и защите берегов важнейшим и необходимым действием является грамотная оценка инженерно-геологических характеристик элементов береговой зоны. Береговая зона состоит из трех геоморфологических элементов - берега, подводного склона и пляжа (Усенков, 1998). Схематические профили береговых зон аккумулятивных и абразионных берегов приведены на рисунке 9.

Берег – это полоса суши, которая помимо форм рельефа включает в себя накопления наносов, созданных морем при его современном среднемноголетнем уровне. Верхнюю границу берега на коренных (абразионных) уступах определяют по кромке клифа (берегового уступа). На наносных (аккумулятивных) берегах, верхняя граница определяется по внутреннему краю современной надводной террасы или у подножия авандюны.

Подводный береговой склон – часть береговой зоны, которая лежит под уровнем моря. В его пределах профиль дна и накопления наносов (осадков) образовались также при современном многолетнем уровне моря.

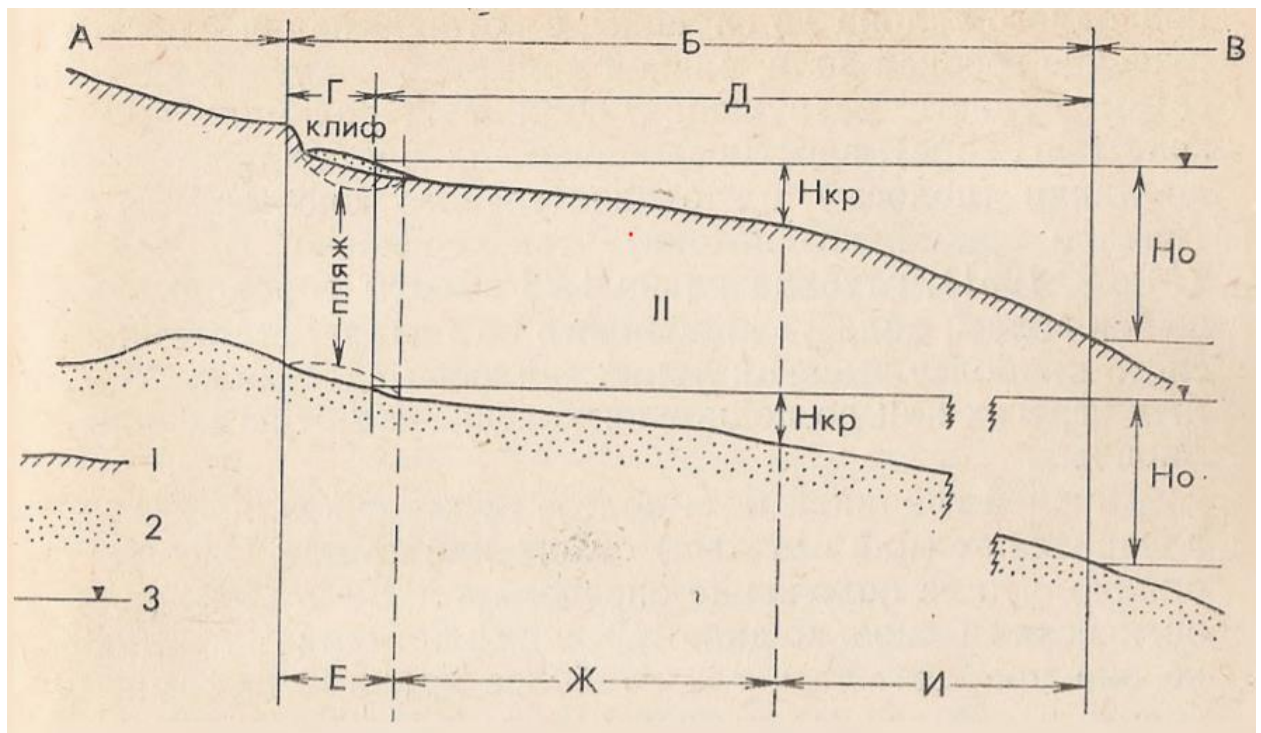


Рис.9. Схематические профили дна береговой зоны

Условные обозначения: I – абразионный берег, II – аккумулятивный берег. А – побережье, Б – береговая зона, В – открытое море, Г – берег, Д – подводный береговой склон, Е – полоса прибойного потока, Ж – волноприбойная зона, И – зона трансформации волн. 1 – коренные породы, 2 – осадки (отложения, наносы), 3 – среднегодовой уровень моря. H_0 – глубина моря, на которой начинается взаимодействие волн с дном (начало трансформации волн), $H_{кр}$ – глубина моря, на которой начинается разрушение волн.

В интервале между берегом и подводным склоном выделяется прибойная полоса, в пределах которой при волнении возникает возвратно-поступательный прибойный поток, или накат (run-up). В возвратную фазу наката поверхность отложений обнажается, а во время поступательной фазы часть берега заливается водой. При поступлении в эту зону достаточного количества обломочного материала образуется пляж.

Пляж - это аккумулятивная береговая форма, зачастую на пляже можно наблюдать серию береговых валов. аналог современной береговой аккумулятивной террасы. На аккумулятивных берегах пляж является неотъемлемой частью.

Виды пляжей:

- пляжи полного профиля со штормовым валом, они изменяются после каждого шторма, но не исчезают, в виде аккумулятивных террас переходят в ископаемое состояние - иными словами, захороняются.

- пляжи неполного профиля, прислоненные к клифу, плоские или с вогнутой поверхностью. Они могут полностью размываться после сильного шторма, исчезать и

снова намываться в период умеренных и слабых волнений, как правило, не переходят в ископаемое состояние.

В морях, где бывают приливы и отливы может возникать приливная осушка. Это участок береговой зоны, на который во время сгона или отлива помимо морских факторов, влияет и субаэральная обстановка

По динамике водных масс в береговой зоне выделяются три зоны:

- ✓ область трансформации волн, которая приурочена к нижней части подводного берегового склона до глубины, с которой начинается обвал гребней волны, равной примерно полутора их высотам;
- ✓ область разрушения волн, или волноприбойная зона, которая простирается в сторону берега полосы их окончательного опрокидывания (начала прибойного потока);
- ✓ область прибойного потока, простирающаяся до наиболее высокой линии заплеска волн на аккумулятивных берегах или до подножия клифа на абразионных.

Границы береговой зоны выделяются по влиянию на нее волновой активности. Нижняя граница проводится по глубине, на которой волнение при наиболее сильных штормах в исследуемом регионе создает скорости придонных течений, позволяющие переносить наносы, либо способствующие размыву отложений подводного берегового склона. Как правило эта глубина примерно равна половине длины волны в открытом море. Верхняя граница соответствует зоне заплеска прибойного потока волн, который повторяется ежегодно.

В настоящее время существует проект федерального закона «О береговой зоне морей Российской Федерации». В нем имеется расшифровка понятия «Береговая зона» и приводятся ее параметры.

- ✓ глубина подводной границы береговой зоны,
- ✓ ширина подводной части береговой зоны,
- ✓ ширина надводной части береговой зоны,
- ✓ средняя ширина береговой зоны.

В районе побережья Балтики глубина подводной границы береговой зоны определяется в 40-50 м; ширина подводной части береговой зоны в 1,5 км; ширина надводной части береговой зоны до 0,5 км (Спиридонов, Рябчук и др. 2008).

4.2. Инженерно-геологические условия береговой зоны и оценка категории сложности

Формирование инженерно-геологических условий береговых зон

Инженерно-геологические условия береговой зоны и их оценка

Инженерно-геологические условия (ИГУ) – это совокупность геологических условий, влияющие на устойчивость, планирование эксплуатации территории, выбор рациональных условий строительства и производства (Ломтадзе, 1978).

При оценке инженерно-геологических условий, необходимо учитывать комплекс факторов, влияющих на ИГУ. Среди таких факторов выделяют: техногенные, которые связаны с инженерным вмешательством человека, особенности строения рельефа, геологическое строение, гидрогеологические условия, геологические процессы и явления. Важно комплексно рассматривать влияние факторов на инженерно-геологические условия, т.к. они взаимосвязаны между собой.

Инженерно-геологические условия разделяются на категории сложности, которые определяются совокупностью факторов (СП 47.13330.2012). Территории могут быть: с простыми условиями, средней сложности и сложные. Условия отражены в таблице 1 (Приложение А).

Таблица 1 (Приложение А)

Категории сложности инженерно-геологических условий (Таблица А.1. СП 47.13330.2012).

Факторы, определяющие производство изысканий	Категории сложности		
	I (простая)	II (средняя)	III (сложная)
Гео-морфологические	Один геоморфологический элемент. Поверхность слабонаклонная, нерасчлененная	Несколько геоморфологических элементов одного генезиса. Поверхность слабонаклонная, слаборасчлененная	Несколько геоморфологических элементов разного генезиса. Поверхность сильнорасчлененная. Склоны
Геологические	Не более двух литологических слоев с уклоном $\leq 0,1$, мощность выдержанная. Свойства грунтов меняются незначительно. Основание - скальные монолитные грунты	Не более четырех литологических слоев. Мощность и характеристики грунтов изменяются закономерно. Скальные грунты с неровной кровлей, перекрытой нескальными грунтами	Более четырех слоев. В разрезе линзы, выклинивание слоев, тектонические нарушения. Состав и показатели свойств грунтов не закономерно изменчивы. Скальные грунты: трещиноватые, кровля расчлененная, выветрелая
Гидро-геологические	Один выдержанный горизонт неагрессивных подземных вод	Два и более выдержанных горизонта, линзы слабоагрессивных (загрязненных) вод, наличие напорных вод	Горизонты подземных вод не выдержаны, сложное чередование водоносных и водоупорных пород, химический состав неоднородный или загрязненный
Опасные геологические и инженерно-геологические процессы	Отсутствуют	Имеют ограниченное распространение или не оказывают влияния на проектные решения, строительство и эксплуатацию объектов	Имеют широкое распространение или оказывают решающее влияние на проектные решения, строительство и эксплуатацию объектов
Специфические грунты (в основании фундамента)	Отсутствуют	Ограниченно распространены или не оказывают существенного влияния на проектные решения, строительство и эксплуатацию объектов	Широко распространены или оказывают решающее влияние на проектные решения, строительство и эксплуатацию объектов
Природно-технические условия производства работ	Хорошие условия для проходимости техники, развитая инфраструктура, наличие стационарных построек для базирования	Плохие условия для проходимости техники, слабо развитая инфраструктура, ограниченность стационарных построек для базирования	Очень плохие условия для проходимости техники, неразвитая инфраструктура, отсутствие стационарных построек для базирования

Изучив категории сложности, можно сделать вывод, что береговые зоны, из-за сложности их происхождения, современной динамики и строения, как правило, относятся к участкам второй и третьей категории по сложности инженерно-геологических условий.

4.3. Факторы формирования инженерно-геологических условий береговых зон.

Из написанного выше следует, что специфика оценки ИГУ береговой зоны заключается во взаимодействии суши и моря. Процессы, наблюдаемые в субаквальной и в субаэральной частях береговой зоны в своем развитии, отличаются. Главным элементом ИГУ в прибрежной зоне является характеристика горных пород и отложений, слагающих разрез как берегового уступа, так и подводной части береговой зоны. Стоит отметить, что решающее влияние на характер отложений, их свойства и состав в субаквальной части береговой зоны важнейшее влияние оказывает гидрохимический и гидродинамический режим моря.

Оценка инженерно-геологических условий, основывающихся на вышеперечисленных факторах, даст возможность вывести рациональные рекомендации при строительстве сооружений и планировании работ по берегозащите.

Многофакторность является одной из характерных особенностей инженерно-геологических условий береговых зон. В пределах береговой зоны выделяются участки на которых развита абразия (зоны разрушения), аккумуляция наносов и зоны, на которых наблюдается транзит размытых масс (наносов).

Основные факторы, формирующие береговую зону морей, можно подразделить на две категории: природные (геологические и гидрологические) и техногенные.

В качестве основных определяющих факторов, влияющих на формирование морских берегов, необходимо выделить:

- Геологическое строение, включающее рельеф надводной и подводной части берега, физико-механические свойства отложений участка и т.д.
- Неотектонические и современные движения
- Геологические процессы, которые происходят в пределах береговой зоны (гравитационные процессы, оползни, сели, обвалы, карст, эрозия и др.)

Геологическое строение берегов определяет их поведение при воздействии на них волн и течений, определяет скорость и интенсивность абразии. В зависимости от устойчивости пород к абразии их подразделяют на семь классов (табл.2) (Усенков, 2005).

Классы пород в зависимости от их устойчивости к абразии			
Класс	Тип пород		Особенности абразионного процесса
I	Кристаллические, некоторые особо прочные метаморфические и осадочные породы		Преимущественно механическая, протекает крайне медленно
II	Большинство типов метаморфических и цементированных, а также эффузивные породы.		Протекает медленно
III	Слабощементированные осадочные породы		Сопропвляются абразии, но при размыве тонкий обломочный материал выносятся из береговой зоны.
IV	Слабощементированные осадочные образования резко неоднородного состава		В береговой зоне остаются остаточные накопления из отмытых грубых включений (валунно-глыбовые и галечные отмостки)
V	Рыхлые породы песчаного, песчано-алевритового, песчано-галечного состава.		Наиболее интенсивно подвергаются разрушению, дают начало большим массам
VI	Хорошо растворимые породы	цементированные однородные, химически чистые породы - каменная соль, гипс, чистые известняки и мраморы	Подвержены химической абразии
		глины и суглинки, сильно просоленные, содержащие в цементе значительное количество хорошо растворимых компонентов	
VII	Криогенные породы	лед	Подвержены термической и химической абразии.
		мерзлые осадочные породы	

Крупность и распределение материала, слагающего подводную и надводную части береговой зоны, определяют также режим перемещения и аккумуляции наносов, формирование профиля равновесия.

Осадконакопление и характер осадков в пределах морей зависит от совокупности различных условий, включая физико-географические, биологические и геологические, в том числе глубины и расстояния подзон от суши, гидрологический и гидрохимический режим, климат, развитие флоры и фауны, геоморфологическое и геологическое строение суши, тектонические и другие процессы (Логвиненко, 1980).

Переменность отложений в прибрежной части береговой зоны гораздо выше, нежели на более глубоких участках. Это объясняется высокой интенсивностью взаимодействия на границе материк-море основных оболочек нашей планеты – литосферы, атмосферы и гидросферы.

В результате различных процессов, включая гравитационные, флювиальные, абразионные, эоловые и др., обломочный материал выносятся с континентальной части на

подводную окраину. За счет волнового воздействия в пределах прибрежных участков, обломочный материал измельчается, окатывается, дифференцируется и распределяется в соответствии с его гидравлической крупностью (Ионин и др., 1981).

Многообразие литодинамических процессов объясняется вещественным, литологическим и генетическим разнообразием отложений.

Осадки в прибрежной области распределяются следующим образом:

На участках, где гидродинамическая активность высокая, на приглубых берегах с уклоном более 0,025 образуются скопления валунов, скопления гальки проявляются на глубине в несколько метров ниже, чем уровень воды, на больших глубинах осаждаются песок, а на глубинах свыше 50-80 метров, как правило, накапливаются глинистые и суглинистые илы.

На отмелых берегах, с уклоном 0,005-0,025, с небольшой гидродинамической активностью, до глубины в несколько метров накапливаются разнозернистые пески, ниже песчано-супесчаные осадки, а на глубинах более 5-10 метров - суглинистые и глинистые илы.

На участках, где береговая зона защищена от волнового воздействия (заливах, отгороженных островами акваториях и т.п.), с пологим уклоном подводного берегового склона (уклон менее 0,005), преимущественно развиты глинистые осадки.

В целом, в прибрежной зоне можно встретить как песчано-галечные, так и глинистые грунты. При высоких скоростях движения водных масс, которые проявляются за счет действий течений, приливов и отливов, а также волноприбойных явлений, наибольшее распространение получают песчано-галечные отложения. Как правило, зона распространения песчано-галечных грунтов не превышает нескольких километров и напрямую зависит от рельефа прилегающей суши, размеров бассейна и уклона подводного берегового склона.

При отсутствии активной гидродинамики в прибрежной зоне возможно образование глинистых отложений. Благоприятны для накопления прибрежных глинистых отложений низкие берега, сложенные глинистыми породами.

Инженерно-геологические условия прибрежной зоны необходимо рассматривать как результат новейших и современных тектонических движений земной коры в зоне взаимодействия суши и моря.

Основная роль новейшей тектоники проявляется в первичном распределении глубин дна и неровностей рельефа, что определяется, прежде всего направленностью и интенсивностью неотектонических движений (Павлидис и др., 1981).

Неотектоника через рельеф контролирует действие волн и течений и, следовательно, ход субаквальных абразионно-аккумулятивных процессов, течения,

скорость и направления которых во многом зависят от тектонически перераспределенных форм рельефа, в большей степени влияют на распределение зон транзита и аккумуляции осадочного материала: они могут размывать дно и создавать характерные формы аккумулятивного рельефа.

Большое влияние на формирование рельефа оказывают разрывные тектонические нарушения. Они создают часто линейные неровности рельефа, представленные на поверхности обычно плавно изогнутыми пониженными поверхностями, четко выраженными депрессиями, уступами склонов, грядами крутонаклоненных пород. В зонах крупных разломов развиваются отдельные крупные отрицательные формы рельефа, по которым происходит разгрузка подземных вод, увеличивающих подвижность накапливающихся здесь осадков, в результате чего изменяется их химический состав, окислительно-восстановительный потенциал, соленость воды.

Неотектонические движения оказали решающее влияние на возникновение и характер трансгрессий и регрессий в морях. За счет изменения уровня моря сформировался рельеф береговых зон.

В результате влияния колебаний морского уровня получили развитие ингрессионные береговые формы: лиманы, эстуарии, фиорды, шхеры, губы (Леонтьев, 1961).

На платформенных равнинах при трансгрессиях происходило увеличение изрезанности береговой линии в результате размыва морскими водами глубоких эрозионных врезов. В складчатых областях изрезанность берега увеличивалась в связи со значительной дифференцированностью тектонических движений и выражалась в чередовании горных хребтов и межгорных впадин (Зенкович, 1954).

Абразионные процессы имели широкое распространение и шли очень интенсивно во время развития трансгрессии. В зонах, имеющих крутые уклоны поверхности заливаемой водой суши, преобладал береговой размыв, а в зонах с небольшими уклонами дополнительно развивалась донная абразия.

В поздне- послеледниковую трансгрессию создаются условия для выравнивания и выполаживания рельефа, которые резко отличались на положительных и отрицательных морфоструктурах. В одном и том же диапазоне глубин, через который зона волнового воздействия проходила с равной скоростью, на положительных морфоструктурах происходила большая выравненность рельефа, чем на отрицательных

Таким образом, колебания уровня Мирового океана в четвертичное время создавали определенную цикличность в процессах формирования рельефа и осадочных толщ в прибрежной зоне, связанную с последовательной сменой субэаральных условий субаквальных. В результате этого широкое распространение в береговых зонах

получили реликтовые формы рельефа ледникового, карстового, волнового, эрозионного и т.п. происхождения, что в большой степени повлияло на их ИГУ.

Не менее важное влияние на ИГУ рассматриваемых территорий оказывают сейсмические явления. Даже в таких относительно спокойных областях как северо-западное побережье России катастрофические перемещения блоков земной коры в результате сейсмических явлений, а следовательно, и изменение профиля морского дна (глубина) не являются редкостью (район Моозунского архипелага в Балтийском море, Кандалакшском заливе Белого моря и др. В каждом из двух названных примеров достаточно четко проявляется сейсмичность. Так, например, в Белом море фиксируются крупные рельефные уступы, связанные с разрывными нарушениями, по которым происходят современные дифференцированные движения земной коры (Бутылин и др., 1984).

Экзогенные геологические процессы оказывают значительное влияние на инженерно-геологические условия береговых зон.

На настоящий момент разработана генетическая классификация экзогенных геологических опасностей применительно к территории России (Природные опасности России, 2002), она отражена в таблице 3.

Значительное влияние на формирование ИГУ береговых зон оказывают гидрогеологические условия. При этом, при оценке ИГУ береговых зон важное значение имеет исследование процессов формирования горных пород и подземных вод, которые неразрывно связаны, т.к. между сушей и морем происходит постоянный обмен не только водой, но и переносимыми ею веществами.

Деятельность подземных и поверхностных вод обуславливает многие экзогенные геологические процессы.

Общая генетическая классификация экзогенных геологических опасностей применительно к береговым зонам (по А.И. Шеко, 1994 с изменениями).

	ГРУППЫ ОПАСНОСТЕЙ	КЛАССЫ ОПАСНОСТЕЙ	ТИПЫ ОПАСНОСТЕЙ
I	Обусловленные климатическими и биологическими		Выветривание
II	Обусловленные энергией рельефа (силой тяжести)	Движение горных пород без потери контакта со склоном или с незначительной потерей его	Оползни
			Обвалы Осыпи
III	Обусловленные поверхностными водами	Морей, водоемов и водотоков	Абразия Вдольбереговое перемещение наносов Затопление Переработка берегов Запленение Эрозия Термоэрозия Аккумуляция наносов
IV	Обусловленные подземными водами	Механический вынос	Суффозия
			Оседание поверхности
		Понижение уровня подземных вод	Подтопление Заболачивание
			Плывуны
Набухание			
V	Обусловленные ветром		Дефляция Коррозия Аккумуляция
VI	Обусловленные выработкой подземного пространства и другими техногенными воздействиями	Добыча твердых полезных ископаемых и подземное строительство Добыча жидких полезных ископаемых и газа	Проседание и сдвигание земной поверхности
			Оседание земной поверхности
			Абразия, заносимость

К гидрологическим условиям относятся:

✓ *Уровненный режим водоема*, рассматриваемый в историческом аспекте и в настоящее время – эвстатические колебания, отливы и приливы, сгонно-нагонные изменения. Изменения уровня водоема необходимо учитывать при любой инженерной деятельности в береговой зоне. При этом необходимо помнить, что изменения уровня моря ведет не только к осушению и подтоплению территории, но и к изменению других, как гидрологических, так и геологических факторов.

✓ *Волновой режим* – высота, длина, повторяемость и энергия волн ветровых и сейсмических.

Существует три основных типа волнения, вызываемого ветровым воздействием: ветровое, зыбь и смешанное (Усенков, 1998).

1. Ветровое волнение, постоянно находятся под воздействием ветра и распространяются в ту сторону, куда он дует.

2. Зыбь – это либо остаточные волны, которые продолжают распространяться в данном районе в направлении дувшего ранее ветра после его затухания (послештормовая

зыбь), либо волны, пришедшие в район, где в данный момент нет ветра из отдаленной области шторма.

3. Смешанное волнение – ветровые волны, которые развиваются по поверхности зыби, они совпадают с направлением ветра и не зависят от направления самой зыби.

При ветровом волнении преобладают короткопериодные волны большой крутизны, которые на мелководье подвергаются слабой рефракции и поэтому создают сравнительно сильный вдольбереговой эффект, благоприятствующий формированию относительно мощных вдольбереговых потоков наносов. Зыбь (особенно в океане), как правило, бывает длиннопериодной с небольшой крутизной, вследствие чего подвергается сильной рефракции и создает относительно слабый вдольбереговой эффект, но сильный поперечный (по нормали к берегу).

Ведущим механизмом движения воды в береговой зоне служит ветровое волнение и зыбь. Кроме того, эта зона – арена действия приливных, ветровых и постоянных течений. Гораздо более скромную роль в ее гидродинамике играют течения, возникающие из-за разности уровня на смежных участках, а также разнообразные движения воды, вызываемые сейшмами, внутренними волнами, краевыми волнами и другими явлениями.

✓ Течения – вдольбереговые, придонные и другие с разными скоростями и энергией

✓ Наносы. Массовое направленное перемещение наносов вдоль берега называется потоком наносов, представляющий собой алгебраический результат многочисленных подвижек наносов за какой-то длительный период, например за сезон или за несколько лет вдоль изучаемого участка берега.

Если алгебраический результат равен нулю, хотя в течение периода и происходили значительные перемещения наносов в различных направлениях, то в этом случае говорят о *миграции* наносов. Арифметическая сумма этих подвижек называется размахом миграции.

Поток наносов характеризуется мощностью, степенью насыщения и емкостью. *Мощностью* называется то количество наносов, которое реально перемещено за год в данном направлении. *Емкость* – это то количество наносов, которое при данных гидрометеорологических условиях может быть перемещено. *Степенью насыщения* называется отношение мощности к емкости (Зенкович, 1954).

Если емкость потока равна его мощности, то поток насыщен наносами, вся энергия волн затрачивается на их транспортировку. В том случае, если емкость меньше мощности, то имеет место перенасыщение потока наносами, которые частично отлагаются в благополучных условиях до восстановления подвижного равновесия между емкостью потока и количеством поступающего материала. Когда же емкость превышает мощность,

наблюдается недостаточная насыщенность потока, часть энергии волн высвобождается и идет на размыв, участвуя в формировании рельефа побережья.

Таким образом, аккумуляция и абразия зависят прежде всего от емкости и интенсивности поступления материала, а конкретные участки, где наблюдается аккумуляция или абразии зависят от особенностей строения рельефа побережья.

За счет переноса наносов формируется ряд аккумулятивных форм рельефа (Костенко, 1985; Усенков, 2005). Основные формы рельефа, образованные за счет перемещения наносов приведены в таблице 4.

Среди разнообразных **техногенных факторов**, определяющих условия формирования береговой зоны, можно выделить:

- ✓ Воздействие льда на берег и сооружения, расположенные на нем за счет статических нагрузок в зимний период и динамических нагрузок в период ледохода, термоабразии, переноса материала льдинами;
- ✓ Возведение в пределах береговой зоны различных инженерных сооружений, в том числе защитных, существенно изменяющих взаимодействие моря и берега, перемещение наносов и отсыпка обломочных масс для их пополнения;
- ✓ Разрушающее воздействие химических и биогенных факторов на породы и отмели берегового уступа;
- ✓ Растительность на надводной части берега и отмели, ослабляющая эрозионное и волновое воздействие вод.

Все перечисленные выше факторы оказывают воздействие на береговую зону, определяют изменения в ее гидрологическом режиме, геоморфологическом и геологическом строении, процессах, протекающих в ее пределах и, следовательно, определяют и инженерно-геологические особенности береговой зоны.

Таким образом, формирование ИГУ береговых зон – это сложный процесс, происходящий под действием большого количества факторов, тесно связанных между собой, в связи с чем при инженерно-геологической оценке береговых зон и выборе мероприятий по их охране необходимо учитывать комплексное влияние перечисленных факторов.

Аккумулятивные формы рельефа, создаваемые за счет перемещения наносов

Поперечное перемещение наносов	На отмельных берегах. На значительном расстоянии от суши господствуют условия мелководья и значительно деформированных волн, воздействие которых превосходит влияние силы тяжести и трения, что приводит к тому, что в пределах внешней части побережья преобладают процессы абразии; значительная часть материала переносится вверх по склону, формируя аккумулятивную часть отмелого берега.	ПЛЯЖ	Полного профиля – в условиях свободной разгрузки наносов на обширной поверхности побережья. Прибойный поток полностью расходует свою энергию, отлагая наносы. Характерны для отмельных берегов с пологим рельефом. Имеет ассиметричную форму.
			Неполного профиля – если волны при продвижении к берегу встречают препятствие в виде более крутого участка, то у перегиба – разгрузка материала
		ПОДВОДНЫЕ ВАЛЫ За счет частичного разрушения волн – забурунивания. Тут происходит частичная потеря энергии и частичная разгрузка материала. Валы вытягиваются параллельно берегу и могут образовывать несколько рядов (за счет различия глубин забурунивания для волн с разными параметрами)	
			БЕРЕГОВЫЕ БАРЫ – самые крупные формы рельефа
Продольное перемещение наносов	За счет вдольберегового потока наносов при подходе волн к берегу под разным углом.		Примыкающие – соединенные на всем протяжении с берегом – аккумулятивные террасы
			Замыкающие – сочлененные с берегом противоположными концами (береговые бары, пересыпи)
			Свободные – соединяющиеся с берегом одним концом (косы)
			Отчлененные – не соединенные с берегом (островные бары и подводные бары)

Глава 5. Инженерно-геологическая оценка исследуемых участков береговой зоны Самбийского полуострова

5.1. Северное побережье Самбийского полуострова

Важное влияние на Самбийское побережье в целом и на северную его часть оказывает волновое воздействие, то есть сила и направление волнового морского воздействия. Эти факторы изучались для выявления особенностей литодинамики северного побережья Калининградского полуострова (рис.10).

С помощью методического подхода, который основывался на результатах анализа подводного рельефа берега с точки зрения его соответствия условиям равновесия, были разграничены зоны размыва и аккумуляции вдоль Северного побережья Калининградского полуострова. Это позволило провести морфодинамическое районирование береговой зоны от западного борта бухты Фирино до мыса Гвардейский (Корзинин, 2016). Были выделены зоны абразии и аккумуляции. Там где не прослеживается ни одна из обозначенных тенденций, выделяются промежуточные зоны.



Рис.10. Исследуемый участок северного побережья Самбийского полуострова
1 – границы исследуемого участка, 2 – контуры населенных пунктов (Корзинин, 2016).

В пределах береговой зоны Корзининим были выделены участки трёх классов: 1-устойчивые абразионные, 2-устойчивые аккумулятивные, 3- переходные (Рис.11).

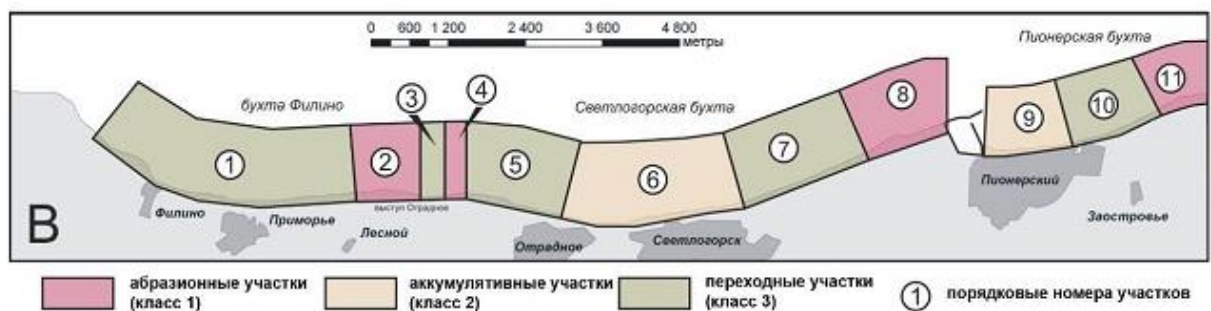


Рис.11. Классы участков, выделенных Д.В.Корзининим в пределах береговой зоны

северного побережья Самбийского полуострова (Корзинин, 2012).

К устойчивым абразионным участкам (№ 2,4,8 и 11) необходимо отнести районы выступов Отрадное, Гвардейский и Купальный. К выступам приурочены узкие (до 10 м) прислонённые песчано-галечные пляжи, на некоторых участках пляжи перекрываются валунной отмосткой. На наветренных участках берега, где преобладают волнения западных румбов ширина пляжей достигает 25 м (Корзинин, 2012).

Участки №6 и №9 необходимо отнести к устойчивым аккумулятивным. Эти участки располагаются в центральных частях Светлогорской и Пионерской бухт. Ширина пляжей на них может увеличиваться до 40 м, но в пределах территорий, где берег оборудован волноотбойными стенками и опоясками с каменным заполнителем, пляжи имеют гораздо меньшую ширину, что, очевидно, связано с выносом наносов в направлении моря в результате волноотбойного эффекта. При использовании для защиты берегового уступа проницаемых конструкций, пляжи гораздо лучше сохраняют свои морфометрические показатели (Корзинин, 2012).

Переходные участки (№1,3,5,7 и 10) располагаются в пределах бортов бухт. Ширина пляжей на переходных участках в большей степени зависит от преобладающих волнений. Восточные борта бухт являются наветренными и ширина пляжей тут может достигать 30 м. Согласно многолетнему ряду наблюдений, их морфометрические характеристики относительно стабильны. На западных (подветренных) бортах, характер пляжей определяется, как правило, предшествующими волновыми условиями (Корзинин, 2012).

В субаквальной части пункта сотрудниками отдела региональной геоэкологии и морской геологии ФГБУ «ВСЕГЕИ» в ходе мониторинговых наблюдений уточнены контуры зон размыва морского дна (рис. 12) (Приложение Б), а также участки, на которых фиксируются выходы коренных пород, образование останцов и их обрушение. Схема распределения донных грунтов на участке отображена на рисунке 13 (Приложение В). Существенной перестройки литодинамических процессов за последние три года в субаквальной части исследуемой площади не отмечено (отчет ВСЕГЕИ, 2019).

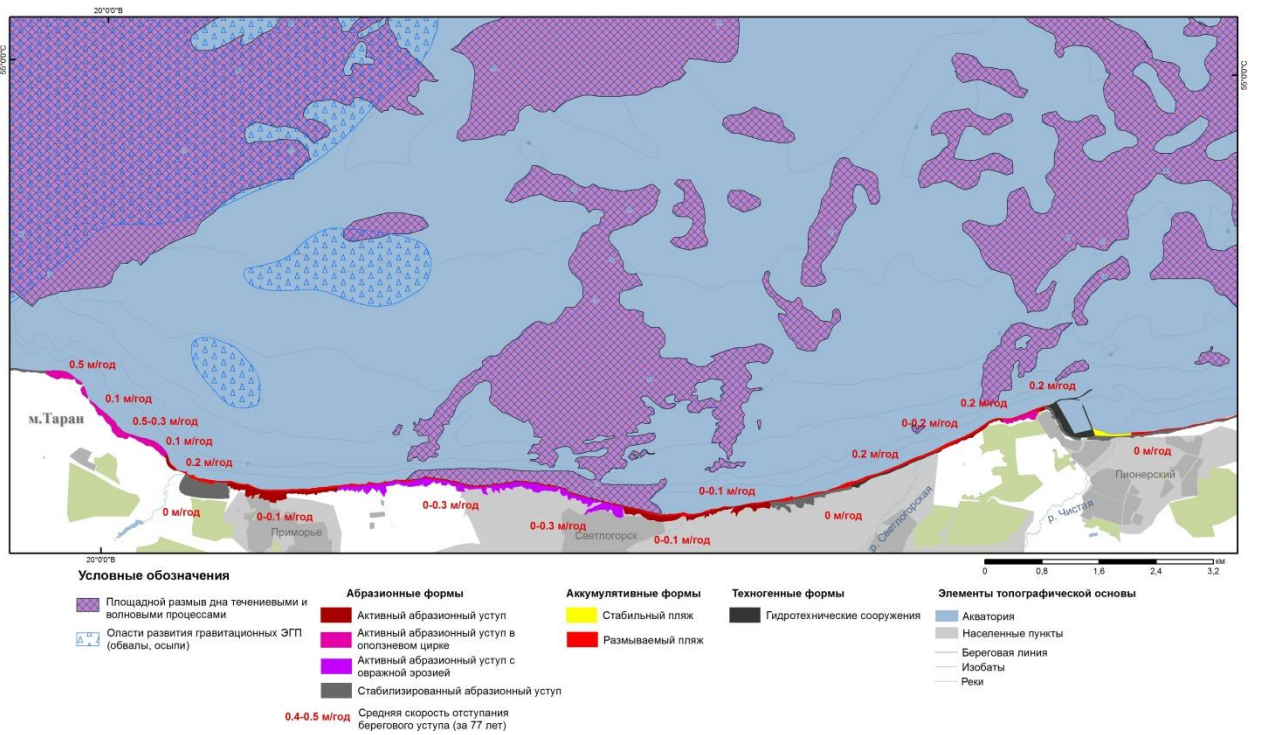


Рис. 12. Схема проявлений ЭГП в пределах Северного побережья Самбийского полуострова (отчет ВСЕГЕИ, 2019)

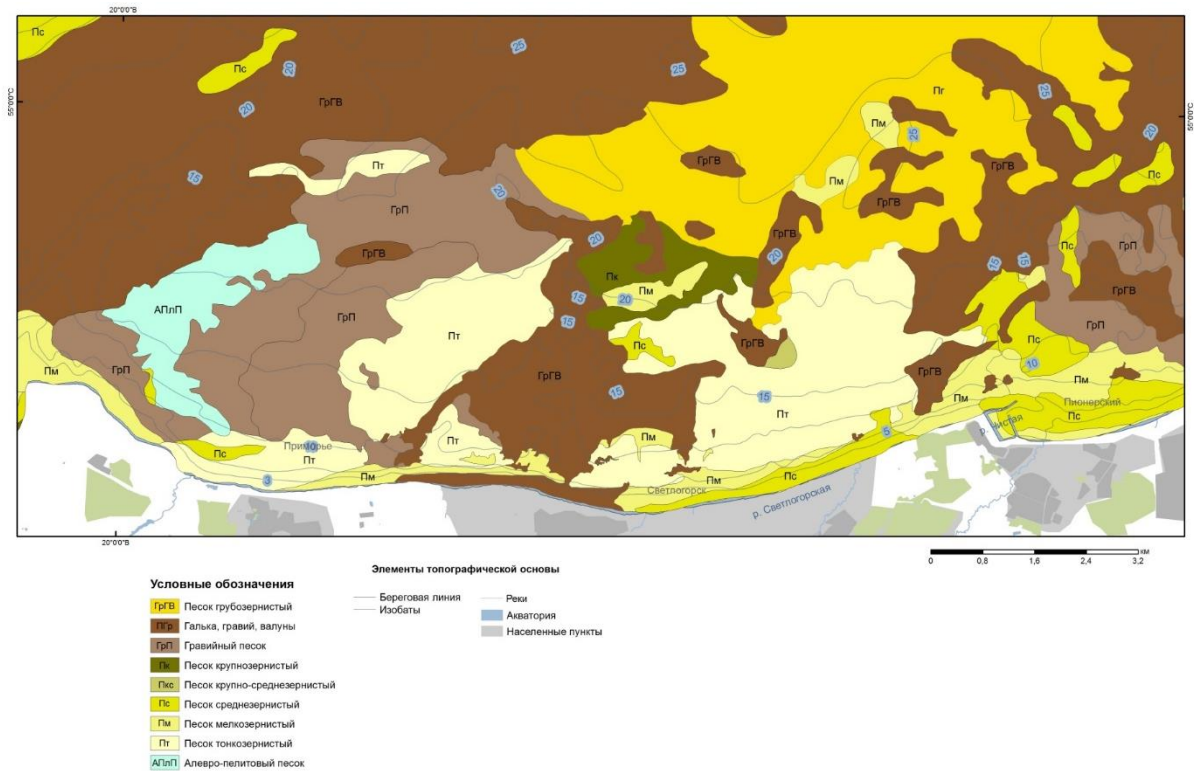


Рис. 13. Схема распределения донных грунтов в пределах Северного побережья Самбийского полуострова (отчет ВСЕГЕИ, 2019)

5.1.1. Участок «Светлогорск»

Ключевой участок располагается в районе г. Светлогорска, в его прибрежной части, в 300 метрах на запад от края прогулочного променада, протянувшегося вдоль побережья на 1250 метров. Координаты исследуемого участка - ($54^{\circ}56'43.00''$; $20^{\circ}8'28.00''$).

На участке был изучен береговой уступ высотой около 38 метров, представленный выходом песчано-глинистых отложений. Подножье склона перекрыто осыпными отложениями. Склон достаточно крутой, с преобладающими углами $40-60^{\circ}$. В основании уступа расположено берегозащитное сооружение, которое представляет собой габионную конструкцию (Рис. 14).



Рис.14 .Береговой уступ на участке в г. Светлогорск.

Развитию обвально-осыпных процессов на участке также способствует волновое воздействие, т.к. хотя основание склона и укреплено габионами, главный берегозащитный фактор – пляж имеет недостаточную ширину, чтобы погасить энергию волн.

Ширина пляжа 30-35 м. Отложения, слагающие пляж, представлены разнозернистыми песками. Подножие склона перекрыто делювиально-осыпными отложениями.

Геологический разрез исследуемого участка характеризуется большой изменчивостью (рис. 15). Строение уступа осложнено чередованием глинистых и песчаных отложений, а также выходами грунтовых вод. Высота и крутизна рассматриваемого склона также является фактором, способствующим развитию экзогенно-геологических процессов на участке, которые проявляются в виде обвалов и

оползней. В строении уступа участвуют различные по генезису, составу и физико-механическим свойствам грунты. Их инженерно-геологическая характеристика указывает на возможность развития или активизации (при соответствующих условиях) в них определенных специфических экзогенных процессов.

В разрезе глинистые отложения имеют мощности до 4 метров, а также встречаются на разных уровнях. Все они выполняют роль водоупорных слоев, что непосредственным образом влияет на развитие оползневых явлений. Залегающие выше песчаные толщи насыщаются грунтовыми водами и увеличивают свою массу, в результате чего происходит их соскальзывание, которому в свою очередь способствует размягчение кровли глинистых отложений. В результате повышенной влажности и высачиванию грунтовых вод возможно вымывание песчаных частиц на границе с глинистыми отложениями, что ослабляет связь между породами и также может быть причиной обрушений.

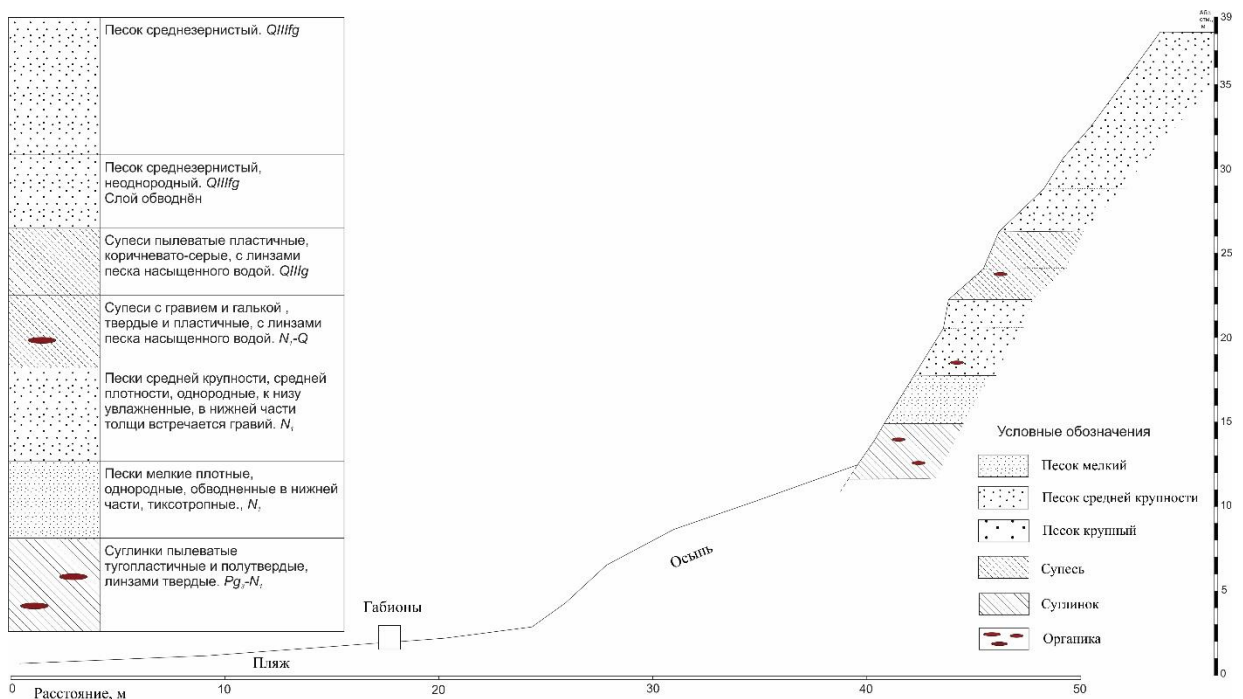


Рис. 15. Схематический разрез исследуемого уступа на участке Светлогорск.

Нижняя часть берегового уступа представлена тугопластичными (линзами — до твердых) пылеватыми суглинками серого цвета, в толще встречается органика и небольшие линзы пылеватых песков. Естественная влажность суглинков ($w_{ест.}$) - 22 %, с поверхности в толще видны трещины.

Над суглинками залегают среднезернистые пески серого цвета. Влажность песков ($w_{ест.}$) увеличивается от кровли к подошве и достигает 39%, что объясняется высачиванием грунтовых вод на контакте с нижележащими водоупорными глинистыми отложениями. Угол естественного откоса песков при естественной влажности составляет

45°. Для песчаных отложений этого слоя были проведены исследования на возможность проявления суффозионных процессов.

Песчаные отложения, залегающие выше, представлены светлым песком, в котором в гранулометрическом спектре преобладают зерна мелкого и среднего размера. Угол естественного откоса песков составляет 45°, при его естественной влажности ($w_{ест.}$) -25%. Выше влажность песков ощутимо снижается. (до 14%). В толще песков прослеживается слоистость (косая, волнистая, горизонтальная).

Отложения, залегающие выше представлены супесями пылеватыми, нижняя часть толщи имеет твердую консистенцию, а в верхней части супеси пластичные. Очевидно, что значительное влияние на консистенцию толщи оказывает влажность, увеличивающаяся к кровле из-за обводненности вышележащих песков грунтовыми водами. Влажность супеси увеличивается от подошвы ($w_{ест.}$ - 13%) к кровле ($w_{ест.}$ - 18%).

В верхней части уступа отложения представлены мощной толщей среднезернистых песков светло-серого цвета с желтоватым оттенком. Пески влажные у подошвы ($w_{ест.}$ - 23%), выше их влажность значительно снижается до 2%. За счет своей большой мощности (до 10 метров), небольшой влажности ($w_{ест.}$ - 2%) и внушительной крутизны песчаные отложения верхней части уступа тяготеют к осыпным процессам. Влажные пески из нижней части толщи были исследованы на возможность суффозионного выноса.

Основные свойства грунтов отображены в таблице 5 (Приложение Г).

Таблица 5

Физико-механические свойства отложений на участке Светлогорск

НАИМЕНОВАНИЕ И ОПИСАНИЕ ГРУНТОВ	Природная влажность W , д.е.	Плотность грунта ρ , г/см ³	Показатель Текучести	Число пластичности	Коэф. Пористости, e	Угол внутреннего трения ϕ , градус	Удельное сцепление c , кПа	Коэф. фильтрации и м/сут
Пески средней крупности рыхлые	0,02	1,92			0,75	30		20
Пески средней крупности	0,23	1,92			0,7	32		20
Супеси пылеватые пластичные	0,18	2,06	0,29	0,07	0,52	26	15	0,1
Супеси с гравием и галькой твердые линзами пластичные	0,13	2,17	-0,2	0,05	0,39	28	19	0,1
Пески средней крупности	0,14	1,94			0,65	35	1	15
Пески средней крупности с гравием.	0,25	1,96			0,6	37	1	15
Пески мелкие плотные, однородные, увлажненные, тиксотропные.	0,39	1,94			0,59	34	3	5
Суглинки пылеватые тугопластичные линзами до твердых.	0,22	2,01	0	0,13	0,64	22	28	0,05

Лабораторные исследования грунтовых вод и вод Балтийского моря, проведенные на участке ООО «ЛенТИСИЗ-Калининград» в 2012 году, показали следующее:

- Грунтовые воды в соответствии со СНиП 2.03.11-85, табл. 5 слабоагрессивные к бетону W₄ марки по водонепроницаемости, неагрессивные к бетону W₆, W₈ марок и к арматуре железобетонных конструкций.
- Воды Балтийского моря, в соответствии со СНиП 2.03.11-85 среднеагрессивные к бетону W₄ марки по водонепроницаемости, слабоагрессивные к бетону W₆ марки, неагрессивные к бетону W₈ марки и к арматуре железобетонных конструкций.
- Грунтовые воды и воды Балтийского моря в соответствии со СНиП 2.03.11-85, табл. 26 среднеагрессивные к металлическим конструкциям.
- В соответствии с ГОСТ 9.602-2005 грунтовые воды обладают средней коррозионной агрессивностью к свинцу и высокой – к алюминию.
- Воды Балтийского моря в соответствии с ГОСТ 9.602-2005 обладают средней коррозионной агрессивностью к свинцу и высокой – к алюминию.
- В соответствии с ГОСТ 9.602-2005 грунты обладают средней коррозионной агрессивностью к углеродистой стали.
- В соответствии с ГОСТ 9.602-2005 грунты не обладают биокоррозионной агрессивностью.
- В соответствии с РСН 51-84 палеогеновые пылеватые суглинки обладают очень быстрой размокаемостью, скорость размокания составляет 30 минут.

Наличие различных типов отложений, в том числе глинистых, гранулометрический состав грунтов, слагающих уступ на участке Светлогорск показывают возможность развития следующих неблагоприятных процессов: морозное пучение, дилатансия, суффозия.

МОРОЗНОЕ ПУЧЕНИЕ

Территория в пределах рассматриваемого участка необходимо отнести к зоне сезоннопромерзающих грунтов. Их состояние изменяется в течение года и может быть талым, промерзающим и оттаивающим. Талое – основное их состояние, а остальные (промерзающее и оттаивающее) характеризуются как переходные. Наиболее опасное свойство промерзающих грунтов – морозное пучение.

Пучинистость это способность грунтов увеличиваться в объеме при промерзании в условиях их естественного залегания. Между характеристиками физико-механических

свойств грунта в талом, промерзающем и оттаивающем состояниях имеется взаимосвязь, которая обуславливается криогенными процессами (важнейший из них – миграционный перенос влаги). Развитие этих процессов зависит от вида грунта. От его состава и состояния, характера промерзания, а также от особенностей гидрогеологических условий строительной площадки будет зависеть интенсивность развития криогенных процессов (Карлов В.Д.,2007).

В соответствии с ГОСТ 25100-2011 к пучинистым грунтам могут относиться глинистые грунты с показателем текучести $I_L > 0$, пылеватые и мелкие пески, имеющие степень влажности $S_r > 0,6$ и крупнообломочные грунты с заполнителем (глинистым, песком пылеватым и мелким). На эти величины, значительное влияние оказывает гранулометрический состав грунта. Важное значение имеет минералогический и химический составы частиц, слагающих грунт.

Согласно таблице 6, по относительной деформации морозного пучения (ϵ_{fh}) грунты подразделяются на следующие разновидности (ГОСТ 28622-2012).

Таблица 6

Разновидности грунтов по пучинистости.

Разновидность грунтов	Степень пучинистости, %
Непучинистый	$\epsilon_{fh} < 1,0$
Слабопучинистый	$1,0 < \epsilon_{fh} < 3,5$
Среднепучинистый	$3,5 < \epsilon_{fh} < 7,0$
Сильнопучинистый	$7,0 < \epsilon_{fh} < 10,0$
Чрезмерно пучинистый	$\epsilon_{fh} > 10,0$

Оттаивание грунта, в зависимости от условий его промораживания, может приводить к понижению прочностных характеристик, что может нарушить устойчивость уступа и сооружений в пределах распространения оттаивающих отложений. Динамические воздействия на оттаивающий грунт могут привести к дополнительному уменьшению его прочности. Откосы и подпорные стенки, выполненные в летнее время, будучи устойчивыми, до промерзания, с большой долей вероятности могут разрушиться при промерзании и в процессе последующего оттаивания весной. Это следует учитывать при проектировании.

Самые опасные участки – участки, где наблюдается резкое изменение гранулометрического состава и влажности грунта. На таких участках возникают наибольшие деформации. Важную роль играет и глубина промерзания грунта.

Исследования показали, что в береговой зоне участка присутствуют грунты различной степени пучинистости (таблица 7).

Наличие в разрезе берегового уступа грунтов, склонных к морозному пучению необходимо учитывать при планировании мероприятий по берегозащите. При подготовке проекта по строительству берегозащитных сооружений важно учитывать исследования, результаты которых показывают характер взаимодействия сооружения с сезоннопромерзающими грунтами.

Таблица 7

Оценка степени пучинистости грунтов слагающих уступ на участке Светлогорск

НАИМЕНОВАНИЕ И ОПИСАНИЕ ГРУНТОВ	Глубина сезонного промерзания (по СП 22.13330.2016)	Разновидность грунтов по степени пучинистости (по ГОСТ 28622-2012)
Пески средней крупности рыхлые, $Q_{шfg}$	0,82	непучинистый
Пески средней крупности, $Q_{шfg}$	0,82	непучинистый
Супеси пылеватые пластичные, $Q_{шg}$	0,76	среднепучинистый
Супеси с гравием и галькой твердые линзами пластичные N_1-Q	0,76	среднепучинистый
Пески средней крупности N_1	0,82	непучинистый
Пески средней крупности с гравием. N_1	0,82	непучинистый
Пески мелкие плотные, однородные, увлажненные, тиксотропные. N_1	0,76	сильнопучинистый
Суглинки пылеватые тугопластичные линзами до твердых. $P_{g3}-N_1$	0,63	непучинистый

ДИЛАТАНСИЯ

Результатом прохождения упругих волн через несвязные грунты является возникновение в них колебаний частиц друг относительно друга. В результате этого накапливаются сдвиговые деформации. Механизмом динамической неустойчивости, характерным для несвязных грунтов является дилатансия.

Динамическая дилатансия - это механизм деформирования и разрушения несвязных грунтов при динамических нагрузках, заключающийся в изменении их объема в связи с переупаковкой частиц при их взаимном смещении (уплотнении или разуплотнении) либо в развитии избыточного порового давления (положительного или отрицательного) в условиях водонасыщенной закрытой системы (ГОСТ Р 56353-2015).

Отрицательная дилатансия - это уплотнение рыхлого песка любой влажности, приводящее к дополнительным осадкам сооружений. При динамическом воздействии происходит разрушение структуры несвязных грунтов, а также возникает взаимное смещение частиц что приводит к нарушению их устойчивости (Гальперин, 2009).

Положительная дилатансия – это разуплотнение маловлажных плотных песков, которое сопровождается и их разупрочнением. Это явление с большой долей вероятности может наблюдаться при местном нарушении неоднородных по плотности сложения песков, когда при вибрации рыхлые участки грунта испытывают уплотнение, а плотные немного разрыхляются (Трофимов, 2003).

Крупнообломочные грунты, а также гравелистые и крупнозернистые пески (дилатантные) способны к динамическому уплотнению и разуплотнению. Чувствительность крупнообломочных грунтов к динамическим нагрузкам увеличивается при росте содержания дисперсного заполнителя. (ГОСТ Р 56353-2015; Трофимов, 2003)

Если дилатантная система подвергается быстрому изменению формы или внушительной сдвигающей нагрузке, то она упрочняется и твердеет. В результате этого явление дилатансии может рассматриваться как свойство, противоположное тиксотропии, т.е. прочность дилатантной системы возрастает при сдвиге и уменьшается в состоянии покоя. При снятии деформирующей силы частицы вновь возвращаются к их исходным положениям.

Разрыхление и упрочнение грунтов, подверженных дилатансии, а, следовательно, и величина внутреннего трения зависит во многом от степени и скорости деформации. Эффект дилатансии проявляется сильнее при увеличении скорости и степени деформации.

При максимальном разуплотнении водонасыщенных грунтов в процессе сдвига происходит их разжижение, которое затем сопровождается уплотнением отложений в состоянии покоя. Явление дилатансии следует учитывать при проведении мероприятий по защите берегов от волновой абразии, т.к. ударное волновое воздействие создает монотонную динамическую нагрузку, которая с высокой долей вероятности может повлиять на устойчивость сооружения. Важным признаком, показывающим способность песков терять свою структуру при динамическом воздействии является однородность их состава.

Анализ проявления процесса дилатансии на исследуемых участках в данной работе не проводился, однако, широкое распространение песков в разрезах исследуемых уступов и береговой зоны Самбийского полуострова в целом, а также активное волновое воздействие на них, показывает важность исследований, показывающих возможность проявления процесса дилатансии. Огромную актуальность исследования в этом направлении будут иметь при проектировании берегозащитных сооружений.

СУФФОЗИЯ

Суффозия – процесс, в результате которого частицы выносятся из горной породы фильтрующейся водой. Нередко это способствует образованию провалов и воронок, оседанию отложений, залегающих над участком, где проявляется суффозия.

Суффозия бывает химической и механической.

Химическая суффозия проявляется в растворении и выносе водой из горных пород различных водорастворимых солей.

Механическая суффозия является результатом механического выноса фильтрационным потоком мелких частиц из песков. Пески для возникновения механической суффозии должны быть неоднородными. Обязательным условием для возникновения механической суффозии в грунтах является наличие пространства, где выносимый материал сможет откладываться (искусственное или естественное обнажение песков, откос или склон, карстовая полость и т.п.). Роль такого пространства может выполнять трещиноватый массив или более пористый песок. Как правило, суффозия имеет широкое распространение на склонах, имеющих выходы грунтовых вод (рис.16). Длительное суффозионное воздействие на отложения склона могут привести к разрыхлению слоя песка на участке, где гидравлический градиент высок. Процесс суффозии сопровождается увеличением пористости и водопроницаемости пород. В конечном итоге это может привести к обрушению вышележащих отложений.

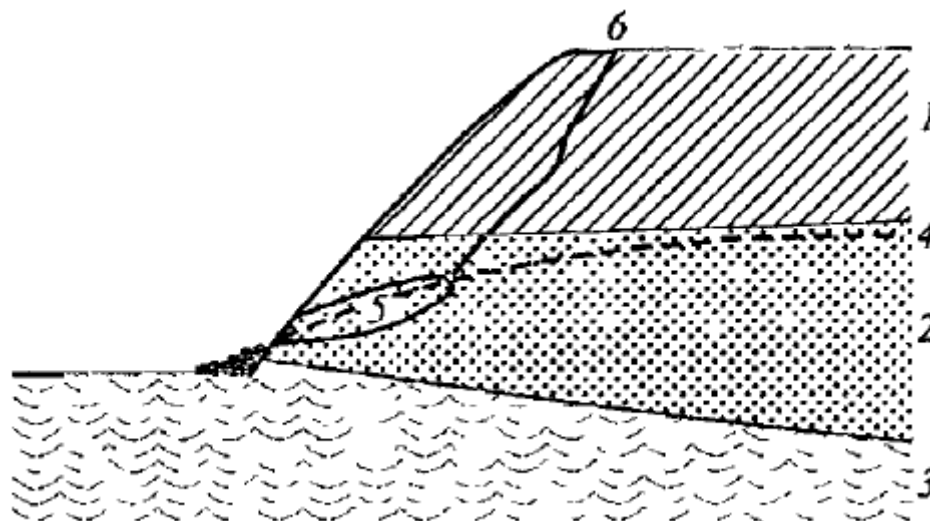


Рис.16. Проявление механической суффозии на склоне. (1-суглинок, 2-водоносный разнозернистый песок, 3-глина, 4-уровень грунтовых вод, 5-участок развития суффозионного выноса, 6-трещина закола будущего обрушения) (Иванов и др., 2001).

Суффозия может возникать при сочетании трех условий:

- наличия фильтрационного потока;

- наличия неоднородного водоносного песка;
- наличия области, которая может аккумулировать мелкозернистую песчаную массу.

Механическая суффозия невозможна, если не выполняется хотя бы одно из вышеперечисленных условий, но и выполнение их еще не гарантирует ее возникновение. В качестве факторов, определяющих процесс суффозии, выступают, с одной стороны, энергия фильтрационного потока, а с другой – сопротивление мелких песчаных частиц, которые находятся в поровом пространстве между зернами более крупной фракции, т.е. степень неоднородности песка $K_n = d_{60}/d_{10}$ (d_{60} – контрольный диаметр песчаных зерен, d_{10} – эффективный диаметр зерен). Энергия фильтрационного потока согласно закону Дарси, $V = kJ$ (где k – коэффициент фильтрации, J – гидравлический градиент), зависит от его скорости. Величина энергии фильтрационного потока $\mathcal{E}_в = f(k, J)$ равна сопротивлению $\Psi(k, K_n)$. Коэффициент фильтрации влияет на обе величины. В итоге равновесное состояние может нарушаться при различных значениях $\mathcal{E}_в$ и F , но должно выполняться отношение $\mathcal{E}_в/F > 1$.

График В.С. Истоминой (рис.17) наиболее четко отражает возможность суффозионного выноса. В.С. Истомина провела лабораторные эксперименты для различных песков и на основе полученных результатов построила кривую зависимости $J - K_n$. На графике выражены две зоны: зона над кривой является опасной (в ее пределах возможна суффозия), в безопасной зоне (под кривой) суффозии происходить не будет (Иванов и др., 2001).

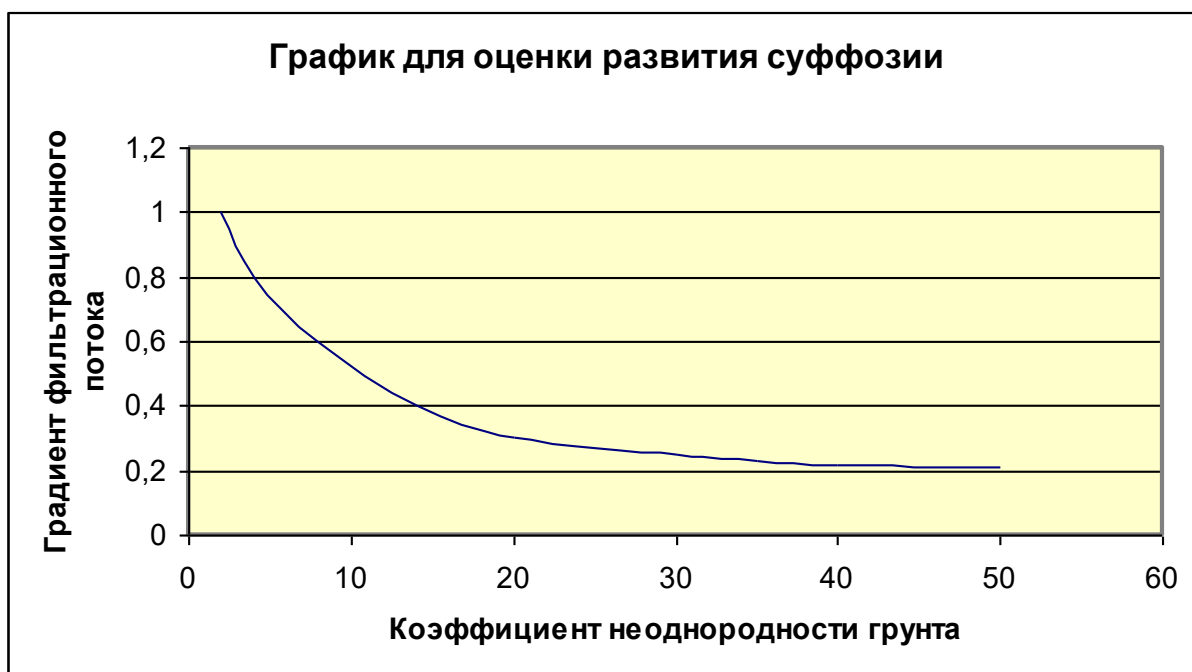


Рис.17. График В.С. Истоминой

Определяют координаты точки (по K_n (коэффициенту неоднородности) и J (гидравлическому градиенту)) и наносят на график. Вывод о возможности возникновения суффозии делают в зависимости от того, в какую из частей графика точка попала.

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

- суффозия может возникнуть при градиенте $J \leq 0.5$ только в песках со степенью неоднородности $K_n \geq 10$;
- наиболее опасными являются значения гидравлического градиента $J > 10$, при которых суффозия может возникнуть и в однородных песках при $K_n < 2-3$;
- суффозия практически не возникает при градиенте $J < 0.2-0.3$.

Для определения потенциальной возможности развития суффозии в грунтах берегового уступа на участке Светлогорск, проводились следующие исследования:

- изучался гранулометрический состав песчаных отложений, участвующих в строении и определялся показатель степени их неоднородности
- определялась возможность суффозионного выноса по графику В.С. Истоминой и её выводам из анализа зависимости. Для этого производились расчеты гидравлического градиента:

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

- Рассчитывалась начальная скорость потока при которой начинается суффозия по формуле Зихарда:

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

где K_{ϕ} – коэффициент фильтрации грунтов,

Мелкие обводненные пески (рис. 18), залегающие над водоупорными суглинками в нижней части уступа, имеют Коэффициент неоднородности $K_n = 1,92$.

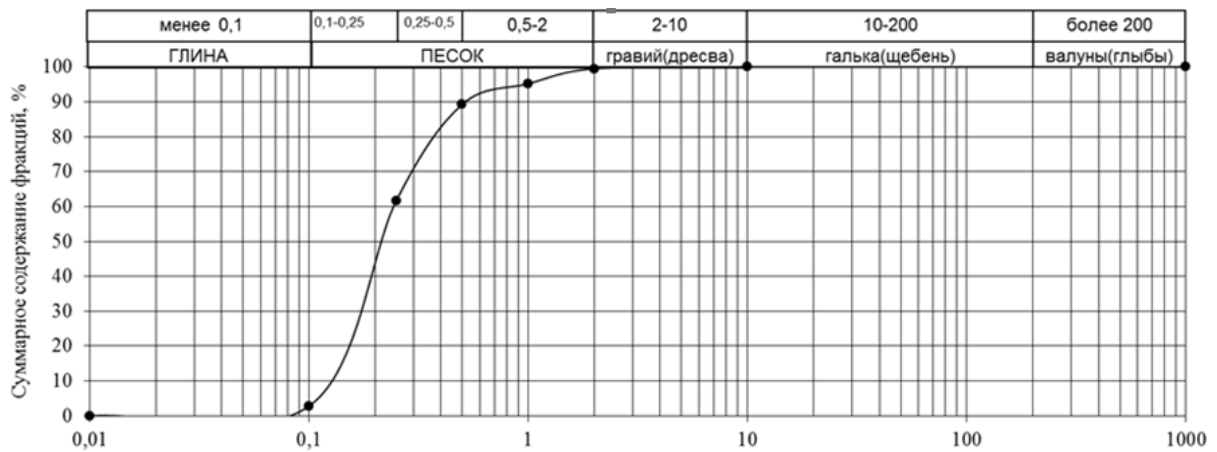


Рис. 18. Кривая гранулометрического состава для мелкозернистых песков, участвующих в строении уступа на участке Светлогорск

Гидравлический градиент песков – 0,02, что недостаточно для развития суффозии.

Начальная скорость потока при которых начинается суффозия в данном слое – 0,15 м/с.

Из графика (рис.19) видно, что точка попадает в область неразрушающих градиентов, значит, развитие суффозии происходить не будет.



Рис. 19. Прогноз развития суффозии в мелкозернистых песках на участке Светлогорск по графику Истоминой.

Над четвертичными супесями в верхней части уступа залегают среднезернистые пески (рис.20), обводненные в нижней части, в которых потенциально могли быть проявления суффозии. Чтобы это доказать или опровергнуть, были проведены более детальные исследования этой толщи. Коэффициент неоднородности $K_n = 2,38$.

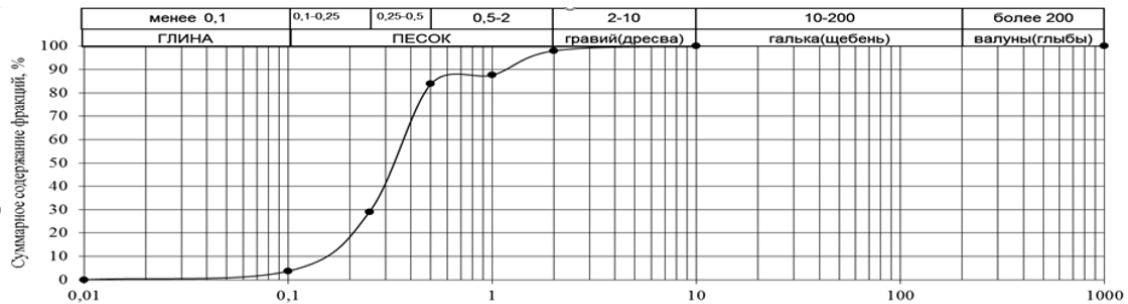


Рис.20. Кривая гранулометрического состава для среднезернистых песков на участке Светлогорск.

Гидравлический градиент песков этого слоя – 0,016, что недостаточно для развития суффозии.

Начальная скорость потока при которой начинается суффозия в данном слое – 0,30 м/с.

На графике (рис.21), точка также попадает в область неразрушающих градиентов, что исключает развитие суффозии.

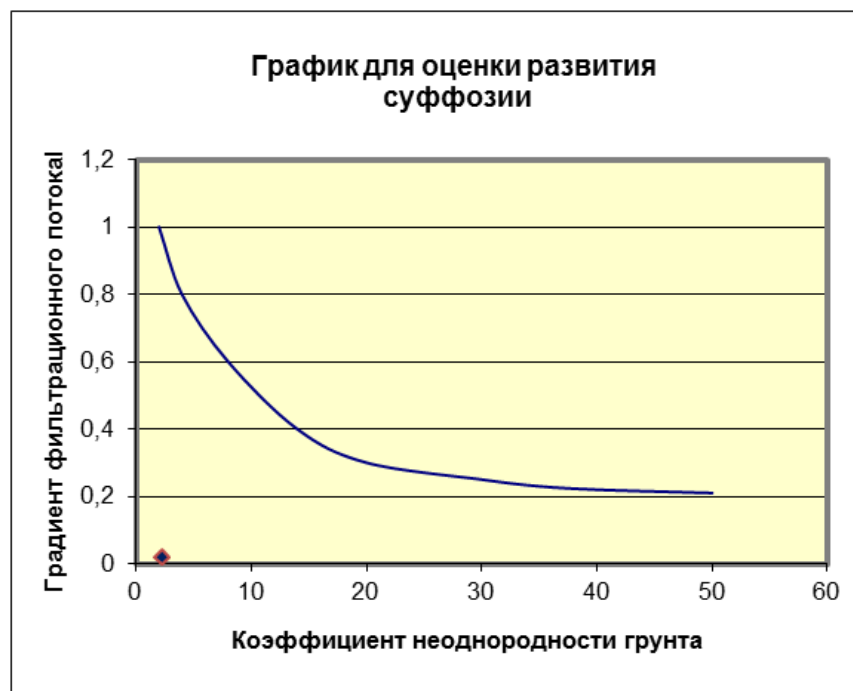


Рис.21. Прогноз развития суффозии в мелкозернистых песках на участке Светлогорск по графику Истоминой.

Таким образом, результаты проведенных исследований, показывают, что рассмотренные грунты не подвержены суффозионному процессу.

Рассмотренные процессы, могут оказать негативное влияние на устойчивость берега, а также на сооружения, расположенные в береговой зоне участка.

5.1.2. Участок «Филино»

Ключевой участок «Филино» расположен в Филинской бухте, в пределах береговой террасы, сформированной в процессе береговой абразии в голоценовое время, что и определило его инженерно-геологические особенности.

В конце XX, в ходе реализации экспериментального берегозащитного проекта, было проведено террасирование крутого склона на участке берега протяженностью около 600 м в районе пос. Филино (рис. 22). Участок берега в Филинской бухте, расположенный между двух глубоко врезанных в береговую террасу оврагов, был существенно преобразован, береговой уступ был полностью стабилизирован и задерновал. В настоящее время террасированный участок не подвержен развитию склоновых эрозионных процессов и характеризуется стабильным состоянием (Отчет ВСЕГЕИ, 2019).



Рис.22. Террасированный участок побережья в районе пос. Филино. Желтым цветом показаны условный контур побережья до террасирования (Отчет ВСЕГЕИ, 2019).

Стабильного аккумулятивного участка в пределах исследуемой части Филинской бухты не выявлено. Это, вероятно, связано с дефицитом наносов и геологическим строением берега. В Филинской бухте, в зоне размыва преобладают песчаные отложения с включением гравия, они легко перерабатываются волновым воздействием. С размывом рыхлых пород волнами связаны большие уклоны дна и высокая изрезанность донного рельефа бухты. Перенос наносов в сторону восточных румбов обуславливает дефицит песчаного материала, который в свою очередь сказывается на преобладании абразионных процессов (Корзинин, 2012).

На участке Филино в пределах Филинской бухты был изучен абразионный уступ, высотой около 27 м (рис.23). Полевое описание сопровождалось отбором проб для проведения гранулометрического анализа, результаты которого отображены в таблице 8 (Приложение Д).

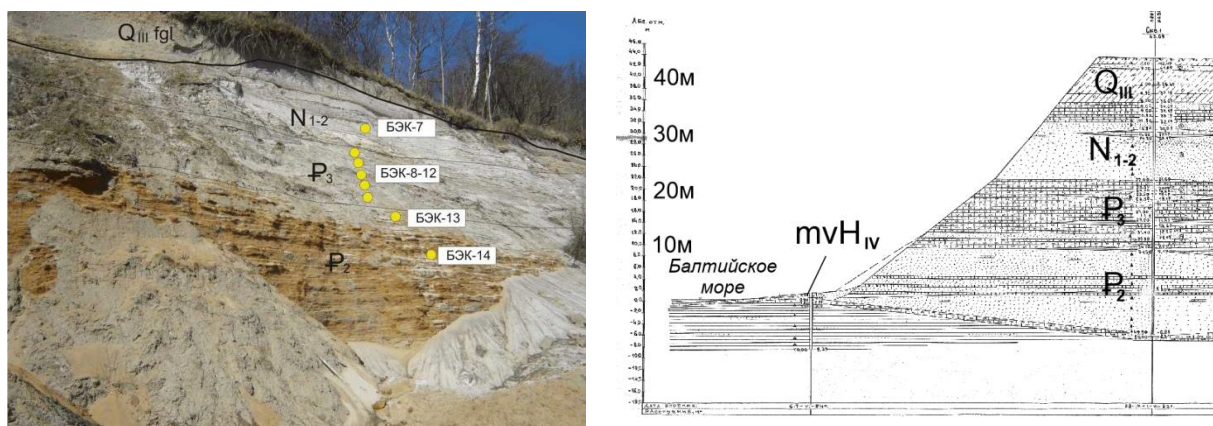


Рис.23. Ожелезненные песчаники «крант» в основании уступа в пос. Фирино и геологический разрез (1983 г) (Отчет ВСЕГЕИ, 2019).

Уступ расположен на территории заброшенного детского лагеря отдыха. В настоящее время на территории лагеря начаты работы по реконструкции сооружений. В период трехлетнего наблюдения (2017-2019) фиксируются активные процессы отступания бровки абразионно-осыпного уступа.

Пляж песчано-галечный, в большом количестве присутствуют валуны различного размера, некоторые глыбы достигают в диаметре 1 м и более. Количество и размер валунов и гальки уменьшается от уреза к обнажению. В песке, слагающем пляж, в гранулометрическом спектре преобладают крупные и средние зерна, в большом количестве присутствуют гравийные частицы. По всей ширине пляжа встречаются покрышки, служившие частью берегозащитного сооружения 1980-х, в результате активного волнового воздействия в настоящее время сооружение более не выполняет своих функций; покрышки частично засыпаны песком.

Геологический разрез террасы представлен на рисунке (рис.23) и схеме (рис.24). В основании разреза залегают палеогеновые цементированные ожелезненные песчаники фации «крант» мощностью 10-12 м (P_{g2}), в гранулометрическом спектре преобладают зерна средней размерности. За счет цементации, отложения этой толщи образуют практически вертикальную стенку. В восточном направлении кровля песчаников постепенно понижается, а их мощность уменьшается до 3-5 м в районе г. Светлогорска. (Отчет ВСЕГЕИ, 2019).

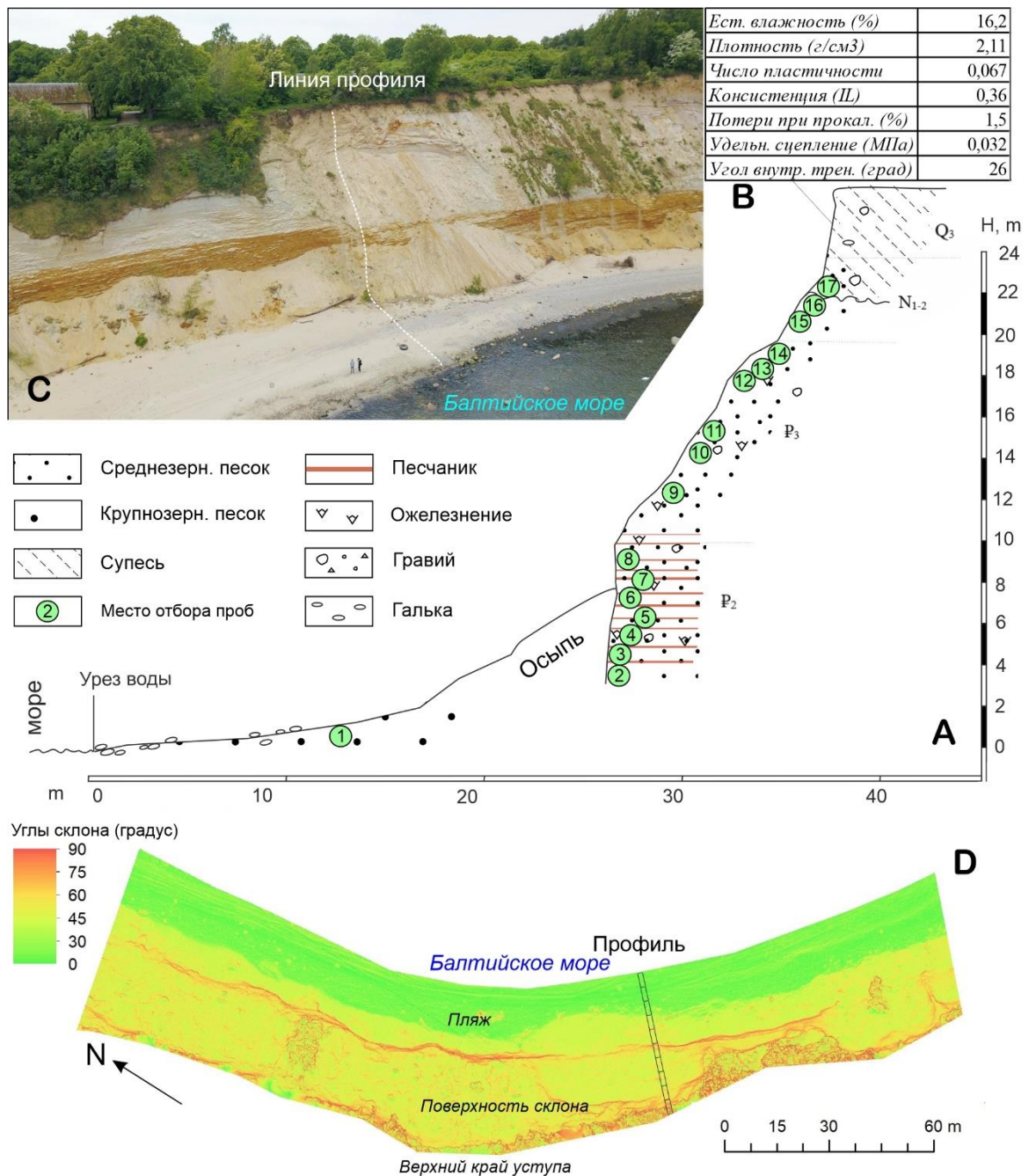


Рис.24. А – профиль, отражающий характер отложений, слагающих уступ. Точки отбора песчаных проб. В – Свойства супеси, слагающей верхнюю часть обнажения. С – общий вид уступа и точное местоположение берегового профиля. D – схема с углами склона

На палеогеновых песчаниках залегают среднезернистые кварцево-глауконитовые пески пальвеской свиты олигоцена (P_{g3}), мощностью 3-6 м. Для отложений, слагающих нижнюю часть толщи олигоценых песков был рассчитан коэффициент неоднородности гранулометрического состава (рис.25), с целью оценки возможности проявления суффозионного выноса.



Рис.25. Кумулятивная гранулометрическая кривая кварцево-глауконитового песка (Pg₃) на участке Филино

Коэффициент неоднородности исследуемого грунта $K_n = 2,41$. При $K_n < 10$, песчаные грунты считаются несuffозионными. Suffозионный вынос в песках с $K_n = 2,41$ возможен лишь при сверхвысоких значениях гидравлического градиента ($J > 10$), что на данном участке не отмечено.

Кварцево-глауконитовые пески, перекрываются среднезернистыми неогеновыми песками (N), мощностью от 3 до 5 м. Гранулометрический состав песчаных отложений, слагающих исследуемый склон и поверхность пляжа представлен в таблице 8. Палеоген-неогеновые песчаные породы легко размываются волнами, а также поверхностными и подземными водами. В целом залегание слоев субгоризонтальное.

Верхняя часть разреза сложена четвертичными пластичными супесями ледникового происхождения с включениями валунов и гальки. Их консистенция (I_L) – 0,36, число пластичности (I_p) – 0,67. Плотность грунта $\rho = 2,11$ г/см³, Естественная влажность – 16 %, коэффициент пористости, $e = 0,487$. При помощи сдвиговых испытаний методом одноплоскостного среза было установлено, что удельное сцепление грунта, $c = 0,032$ Мпа, а угол внутреннего трения $\phi = 26^\circ$.

Результаты гранулометрического анализа песчаных отложений уступа на участке
Филино

№ обр.	% содержание частиц по фракциям (мм)										Примечания
	>10.0	10.0-2.0	2.0-1.0	1.0-0.5	0.5-0.25	0.25-0.1	0.1-0.05	0.05-0.01	0.01-0.001	<0.002	
1	3,1	4,9	25,8	50,4	15,1	0,6	0,2				пески крупные
2	3,3	13,7	10,8	16,0	37,3	15,0	2,9	0,8	0,1	0,1	пески средней крупности
3			5,5	19,1	52,2	22,3	0,9	0,0	0,0	0,0	пески средней крупности
4	1,0	2,3	0,8	25,3	52,6	13,3	1,5	2,0	0,5	0,5	пески средней крупности
5	1,3	2,9	0,2	27,4	49,4	13,9	2,0	2,1	0,5	0,3	пески средней крупности
6	1,0	2,2	0,2	22,7	53,1	14,7	2,6	2,2	0,5	0,6	пески средней крупности
7			0,1	10,7	39,3	11,3	18,9	18,2	1,5	0,1	песок средней крупности
8			0,1	24,1	45,8	8,0	14,0	6,1	1,8	0,1	песок средней крупности
9	1,4	1,7	0,1	23,7	56,0	13,0	1,7	1,5	0,5	0,3	пески средней крупности
10	0,6	1,4	1,5	20,6	40,4	7,3	12,8	9,2	6,0	0,1	песок средней крупности
11	0,5	0,7	1,3	33,0	49,7	9,7	1,9	2,1	0,7	0,3	пески средней крупности
12	3,0	22,3	8,7	19,0	20,1	3,3	9,3	10,9	3,3	0,2	песок гравелистый
13			7,7	29,7	52,9	8,9	0,8	0,0	0,0	0,0	пески средней крупности
14	1,2	1,8	0,1	20,8	59,0	13,3	1,8	1,4	0,5	0,2	пески средней крупности
15			0,1	13,5	38,5	10,1	18,5	13,3	5,9	0,1	песок средней крупности
16			0,1	24,2	54,8	9,3	1,5	5,8	3,1	0,7	пески средней крупности
17			11,6	26,8	51,8	9,2	0,6	0,0	0,0	0,0	пески средней крупности

В 2019 году на участке производилась съемка с квадрокоптера, что позволило построить поверхность склона с обозначенными цветом углами (рис.24,D). Как видно из схемы, наиболее крутые участки (красный цвет) образуют выходы кратовых песчаников и четвертичные супеси в верхней части разреза.

5.2. Западное побережье Самбийского полуострова

На западном побережье Самбийского полуострова активна проявлена динамика в береговой зоне (рис. 26) (Приложение Е). Наравне с активным разрушением берегового уступа на участках в районе м. Песчаный и пос. Донское, широко развита техногенная аккумуляция пляжевых наносов в Покровской бухте.

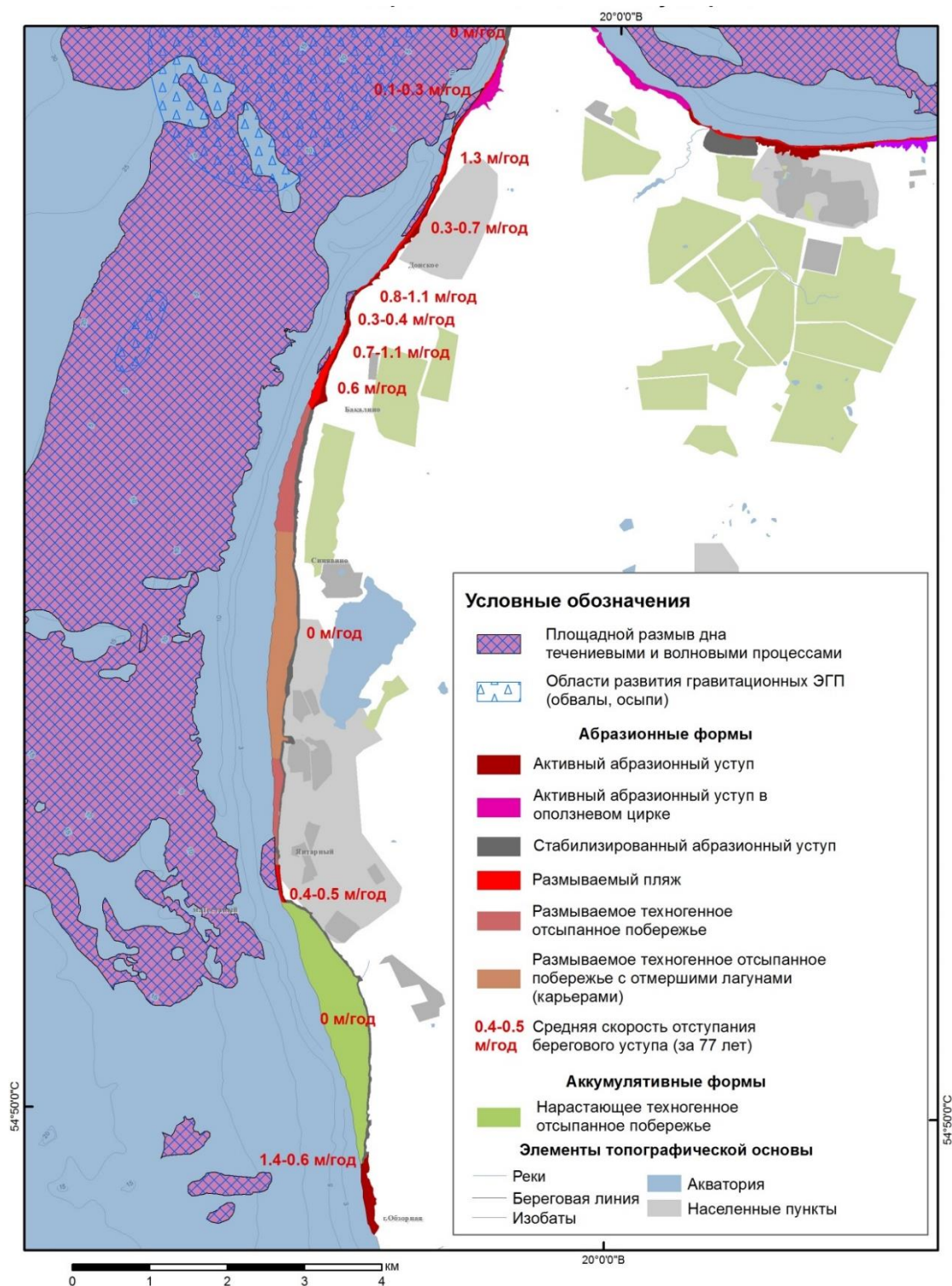
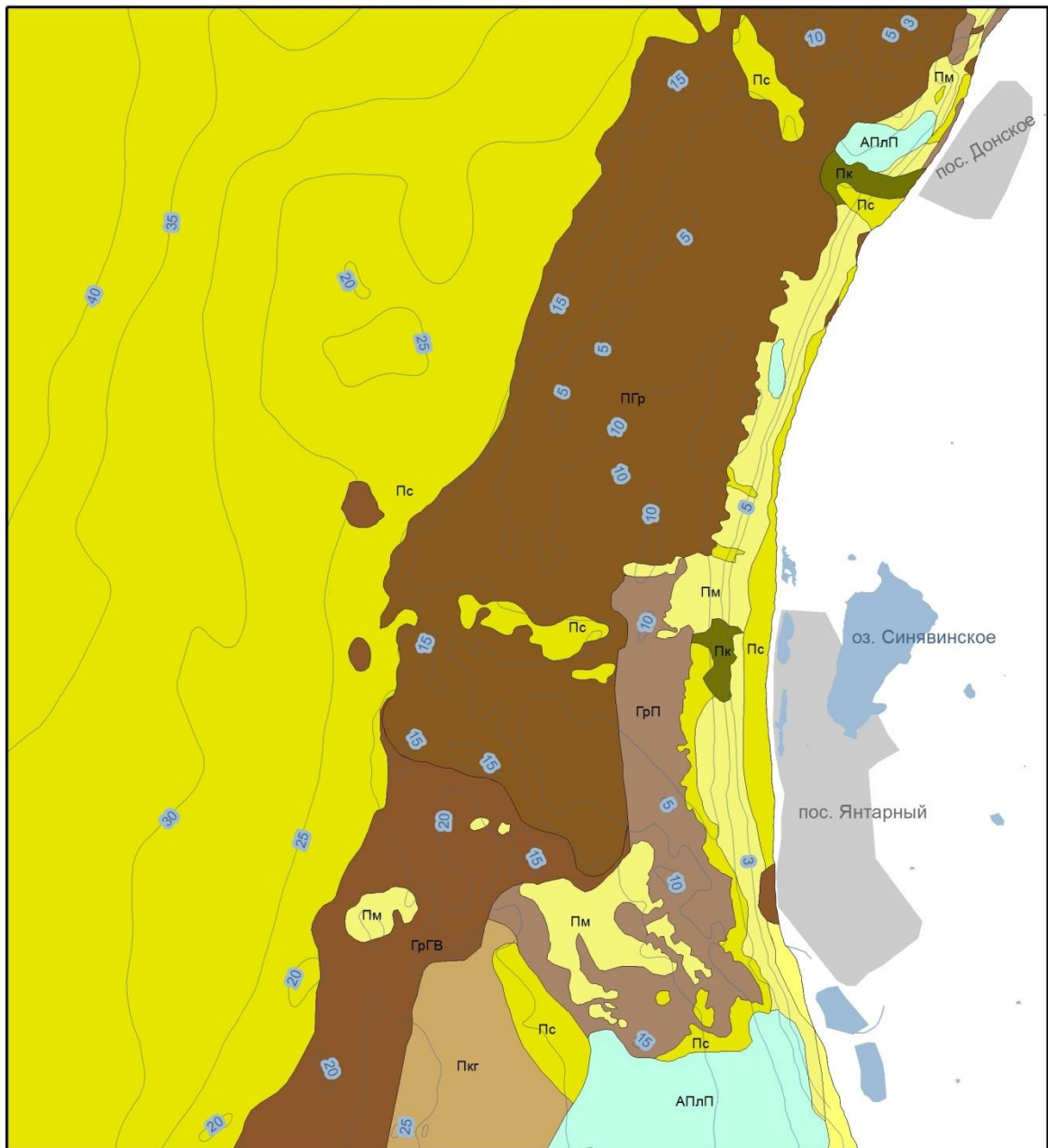


Рис. 26. Схема проявлений ЭГП в пределах пункта наблюдений «Западное побережье Самбийского полуострова» (Отчет ВСЕГЕИ, 2018).

Наиболее активно переработка берегов на участке проявлена в штормовые периоды. Крайне опасная ситуация складывается в районе пос. Донское, где дальнейшее развитие комплекса опасных экзогенных геологических процессов непосредственно угрожает жилым постройкам. В субаквальной части исследуемого участка выявлены подводные уступы, на которых проявляются гравитационные процессы обвального-осыпного типа. Отдельные подводные уступы сопряжены с разрывными нарушениями, по которым зафиксировано смещение коренных пород. Разрывные нарушения выходят практически на поверхность дна, что позволяет предположить возможную их современную или, по крайней мере, голоценовую активизацию (отчет ВСЕГЕИ, 2019).

На участке западного побережья заметно влияние техногенного фактора, которое заключается в первую очередь в сбросе с Янтарного комбината пульпы, что приводит к увеличению пляжей. Алевропесчаные осадки комбината подпитывают пляжи к югу от конуса выноса. В северной части западного побережья сохраняется абразионный характер берега, в связи с преобладающим перемещением наносов к югу. Характер донных отложений участка исследований отображен на литологической карте (рис.27) (Приложение Ж).



Условные обозначения

ГрГВ	Галька, гравий, валуны
ПГр	Песчанистый гравий
ГрП	Гравийный песок
Пкг	Песок крупно-грубозернистый
Пк	Песок крупнозернистый
Пс	Песок среднезернистый
Пм	Песок мелкозернистый
АПлП	Алевро-пелитовый песок



Элементы топографической основы

	Береговая линия		Реки
	Изобаты		Акватория
			Населенные пункты

Рис. 27. Литологическая карта-схема пункта наблюдений «Западное побережье Самбийского полуострова» (отчет ВСЕГЕИ, 2019).

5.2.1. Участок «Донское»

Исследуемый участок расположен вблизи поселка Донское, к югу от мыса Таран на в пределах абразионного участка берега Балтийского моря.

Уступ имеет сложную морфологию за счет неоднородного геологического строения и активного развития эрозионных процессов. Разрез представлен выходами песчаных (преимущественно) и глинистых пород.

Активное наблюдение за состоянием берегового уступа на рассматриваемом участке ведется при участии автора с 2017 года. Конфигурация склона за последние 3 года практически не изменилась, за исключением почти полного размыва обширной осыпи, образовавшейся в 2018 году в результате обрушения верхних слоев уступа.

Склон имеет сложную морфологию за счет неоднородности геологического строения и активно разрушается под действием волн, гравитации и ветра.

В результате воздействия волн на делювиальные отложения участка, наблюдается концентрация валунов и гальки у подножья склона. Это, очевидно, связано с переносом в эту часть материала с верхних толщ уступа и дальнейшим размывом более мелких фракций грунта. (Рис.28)

В целом на своем протяжении берег моря на данном участке очень неоднородный и слои, которые мы наблюдаем на данном геологическом разрезе под углом уходят под вышележащие отложения к югу вдоль берега. (Рис. 29)



Рис.28. Валунны у подножья склона на участке Донское



Рис.29. Слои отложений в верхней части уступа на участке Донское

Пляж песчаный с галькой, у подножья в большом количестве валуны до 1 м в диаметре. Ширина пляжа увеличилась по сравнению с наблюдениями 2018 года в результате размыва осыпи.

Строение уступа неоднородное, склон представлен чередованием прослоев песчано-глинистых пород, их состав и положение отображено на схеме (рис.30).

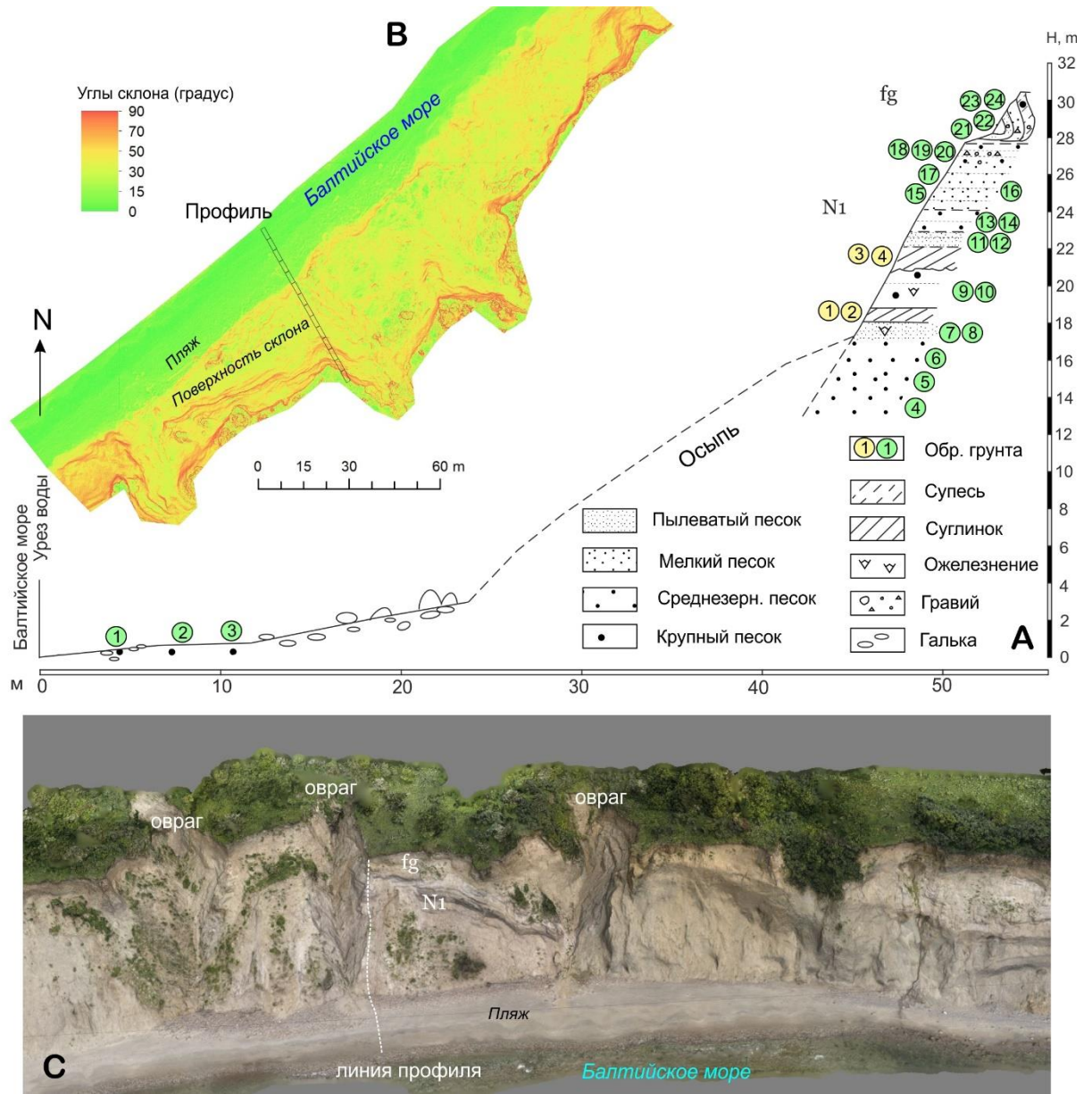


Рис.30. А - Профиль берега на участке у пос. Донское. В – Схема, отображающая углы склона на участке. С – 3D-модель склона

Основные физико-механические свойства глинистых грунтов представлены в таблице 9, гранулометрический состав песчаных грунтов отражен в приложении 3.

Физико-механические свойства глинистых грунтов на участке у пос. Донское

№ Монолита		1	2	3	4
Природная влажность W , д.е.		0,235	0,26	0,233	0,215
Плотность грунта ρ , г/см ³		1,98	1,87	2,02	2,02
Плотн. частиц грунта ρ_s , г/см ³		2,74	2,72	2,7	2,72
Влажность на границе	текучести W_L , д.е	0,413	0,39	0,308	0,299
	раскатывания W_p д.е.	0,268	0,287	0,236	0,204
Число пластичности I_p		0,145	0,103	0,072	0,095
Показатели консистенции	I_L	-0,23	-0,26	-0,04	0,12
	C_v	-0,11	-0,09	-0,01	-0,01
Коеф. пористости e		0,709	0,833	0,648	0,636
Коеф. водонасыщенности S_r		0,91	0,85	0,97	0,92
Потери при прокаливании, д.е.		0,028	0,024	0,01	0,016
Удельное сцепление c , МПа		0,067	0,063	0,05	0,042
Угол внутреннего трения ϕ , градус		24	20	30	28
Отложения		суглинок твердый тёмно-серый	суглинок легкий пылеватый твердый бурый слоистый рыхлый	суглинок легкий пылеватый твердый серо-бурый	суглинок полу- твердый тёмно-серый

В строении уступа встречено два слоя глинистых отложений. Нижний представлен твердыми суглинками плотностью 1,87-1,98 г/см³. Природная влажность суглинков колеблется в пределах 23-26%. Испытания суглинков в лаборатории методом одноплоскостного среза позволило определить прочностные характеристики грунта. Удельное сцепление, $c = 0,063-0,067$ МПа, угол внутреннего трения, $\phi = 20-24^\circ$.

Суглинки перекрываются крупнозернистыми песками. Для песков этого слоя был рассчитан коэффициент неоднородности гранулометрического состава (рис.31), с целью определить вероятность возникновения механической суффозии.

Коэффициент неоднородности песка $K_n = 6,5$. При $K_n < 10$, песчаные грунты считаются несущими суффозии. Суффозионный вынос в песках с $K_n = 6,5$ возможен лишь при сверхвысоких значениях гидравлического градиента ($J > 10$).



Рис.31. Кумулятивная кривая для крупных песков, залегающих над суглинками в нижней части разреза абразионного уступа на участке Филино.

Над песками залегают толща суглинков, мощностью 1,5 метров твердой (линзами полутвердой) консистенции. Естественная влажность 21-23%. Плотность суглинков этого слоя 2,02 г/см³. Для определения прочностных характеристик грунта были проведены сдвиговые испытания методом одноплоскостного среза. Удельное сцепление, $c = 0,042-0,050$ МПа, угол внутреннего трения, $\varphi = 28-30^\circ$.

В верхней части пески залегают слоями, которые имеют различный гранулометрический состав, преимущественно среднезернистые. В нижней части, на контакте с глинистыми отложениями пески имеют повышенную влажность. Для песков, залегающих непосредственно на суглинках, также был рассчитан коэффициент неоднородности, с целью определения возможности возникновения процесса механической суффозии (рис.32).



Рис.32. Кумулятивная кривая для пылеватых песков, залегающих над верхним прослоем суглинков в разрезе абразионного уступа на участке Филино.

Коэффициент неоднородности песка $K_n = 30$. В песках со степенью неоднородности $K_n \geq 10$, суффозия может возникнуть при градиенте $J \leq 0,5$, а значит потенциально пески этого слоя могут быть подвержены суффозионным процессам, особенно в периоды затяжных осадков.

Угол естественного откоса песчаных отложений в среднем составляет 25-34 градуса в сухом состоянии и 20-25 в воде. Под действием выветривания сцепление между частицами ослабевает, и они под действием гравитационных сил начинают движение вниз по склону. Отсутствие растительности способствует развитию этого процесса. При высыхании песка в верхней части обнажения, на поверхности его слои осыпаются неравномерно, вероятно некоторые из них имеют большую степень цементации. Верхняя часть толщи песчаных отложений частично смята в складки, выветриваются послойно, сначала более рыхлые слои, потом более твердые (Рис. 33, 34).

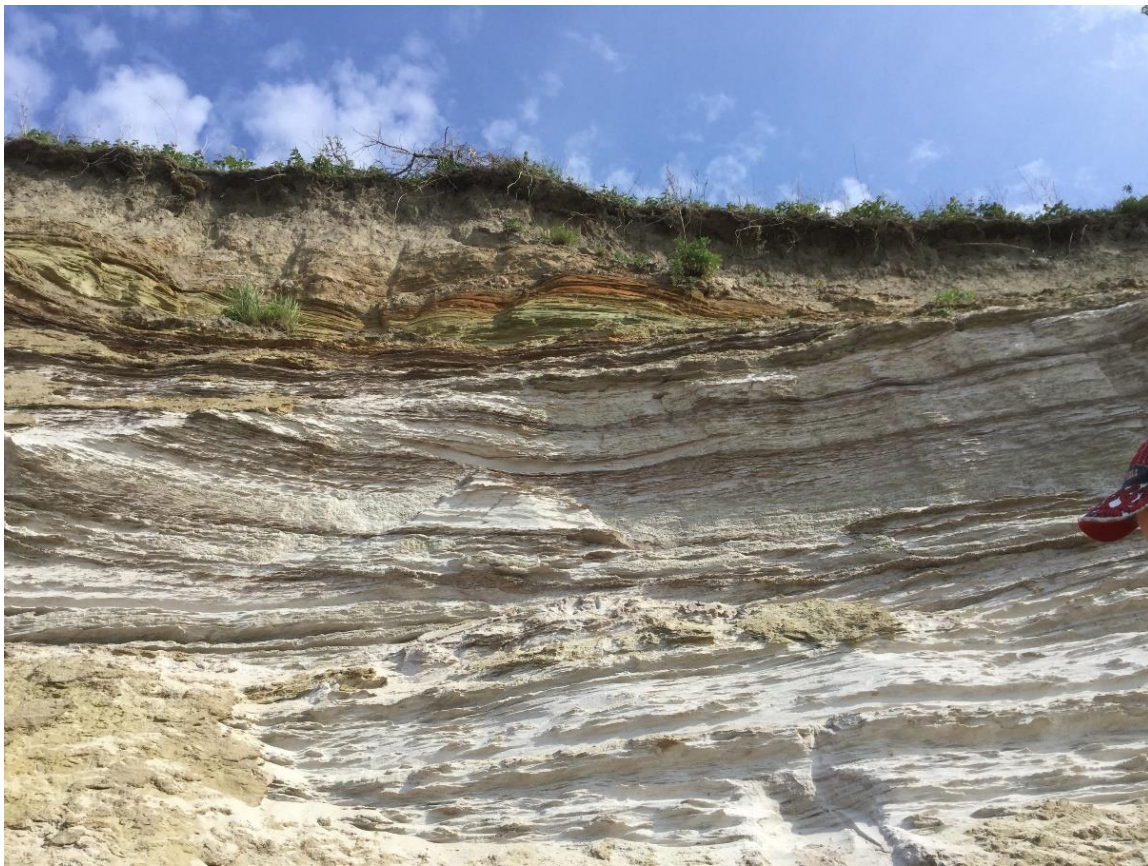


Рис.33. Верхняя часть абразионного уступа у пос. Донское



Рис. 34. Общий вид абразионного уступа близ пос. Донское и эрозионный врез.

На участке проводилась фотосъемка с квадрокоптера, в результате чего была построена 3D-модель участка и ортофотоплан, на котором обозначены углы склона, на некоторых участках уступа углы склона превышают 50 градусов, это наиболее опасные с точки зрения обрушения места, они отмечены оранжевым и красным цветом (рис.30).

Одним из процессов, негативно сказывающимся на устойчивости склона на данном участке может стать суффозия. Потенциально опасны с точки зрения суффозии песчаные отложения, слагающие верхнюю часть уступа. Коэффициент неоднородности гранулометрического состава песков, залегающих на контакте с верхним прослоем суглинков достигает 30. Прослой глинистых отложений могут служить водоупорной толщей, которая удержит грунтовые и атмосферные воды, в результате возникнет поток, способствующий активизации суффозионной активности.

Наличие глинистых отложений может так же повлиять на активность таких гравитационных процессов как оползни. Этому так же способствует внушительная высота уступа, крутые склоны и высачивания грунтовых вод на некоторых участках.

В отличие от других рассматриваемых участков, уступ участка Донское имеет множество врезов-каньонов, которые осложняют геоморфологию берега. Во время дождей вода выносит материал по каньону, подмывая и обрушая его стенки, что в дополнение к волновой абразии ослабляет склон, делая его еще более уязвимым (рис.30). Как видно из 3D модели, составленной на основе фотографии с высоты птичьего полета, слои различных отложений залегают не всегда горизонтально, часто выклиниваются. Результатом этого, учитывая размыв отложений волнами, а также выносными потоками по каньонам, могут стать серьезные обрушения на участке.

5.2.2. Участок «Янтарный»

Участок исследования располагается вблизи поселка Янтарный. Активная литодинамика, которой характеризуется исследуемый участок, а также западное побережье Самбийского полуострова в целом, во многом определяется антропогенным воздействием. Значительное влияние оказывает периодический сброс алевропесчаного материала Янтарного комбината. Этот материал обеспечивает осадочным материалом прилегающие пляжи. Благодаря процессу намыва пляжей из сброшенного комбинатом песчаного материала, а также при участии отложений, вымытых волновой абразией из береговых уступов, береговой контур между мысом Песчаный и мысом Обзорный был практически полностью выровнен, и береговая литодинамическая система приобрела относительное равновесие (отчет ВСЕГЕИ, 2019).

Сотрудниками ФГБУ «ВСЕГЕИ», при участии автора, были проведены исследования на участке берега вблизи Покровской бухты. В течение нескольких лет на трех профилях, относящихся к определенным участкам берега, проводились замеры пляжа нивелировочным профилированием. Первый профиль ПРЗС-1, южный, расположен на аккумулятивном участке берега. Центральный профиль ПРЗС-2 пересекает техногенный конус выноса, образованный сбросами песка Янтарного комбината. Северный профиль ПРЗС-3 находится на участке мыса Песчаный и относится к абразионно осыпному участку берега (отчет ВСЕГЕИ, 2019).

На участке профиля ПРЗС-1 на протяжении 5 лет с 2014 по 2018 гг. песчаный пляж ежегодно нарастал. Деградация пляжевых отложений отмечена в 2019 г., внешняя часть пляжа отступила более чем на 40 метров. В итоге профиль за год сократился со 180 м до 137 м. (рис. 35) Положение авантюны не изменилось.

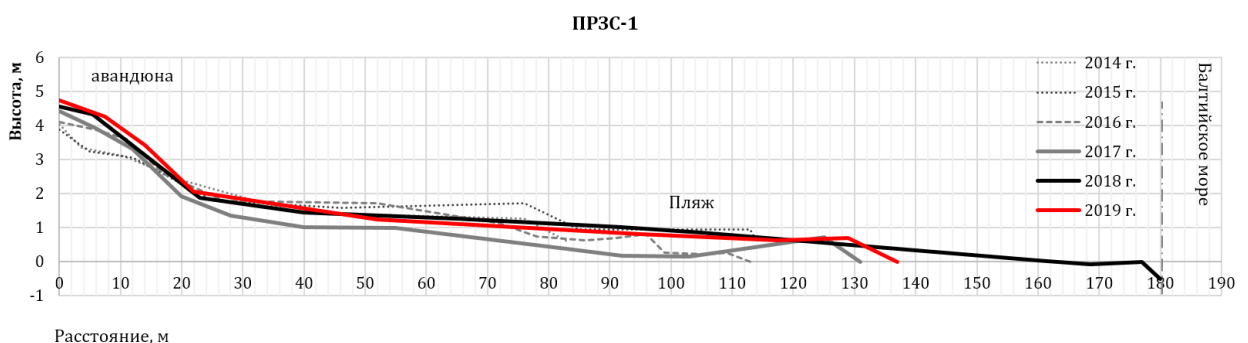


Рис.35. Динамика поперечного профиля пляжа ПРЗС-1 с 2014 по 2019 гг. (Отчет ВСЕГЕИ, 2019).

Форма берега на этом участке вблизи Янтарного комбината имеет волнообразный контур, выступы которого смещаются вдоль берега за счет перераспределения песчаных наносов (рис.36). Вероятно, деградация пляжевой зоны на профиле ПРЗС-1 в период с

2018 по 2019 г связана с вдольбереговым смещением выступа и скорее всего это явление не является началом размыва и носит временный характер (отчет ВСЕГЕИ, 2019).



Рис.36. Обзорные аэрофотографии на аккумулятивном участке берега (ПРЗС-1): слева – вид на север; справа – вид на юг (Отчет ВСЕГЕИ, 2019).

Профиль ПРЗС-2 имеет наибольший темп трансформации берега, динамика происходит скачкообразно, что хорошо видно на графике. (рис.37) Во время сброса пульпы берег выдвигается вперед на несколько сотен метров, а во время штормов отступает.

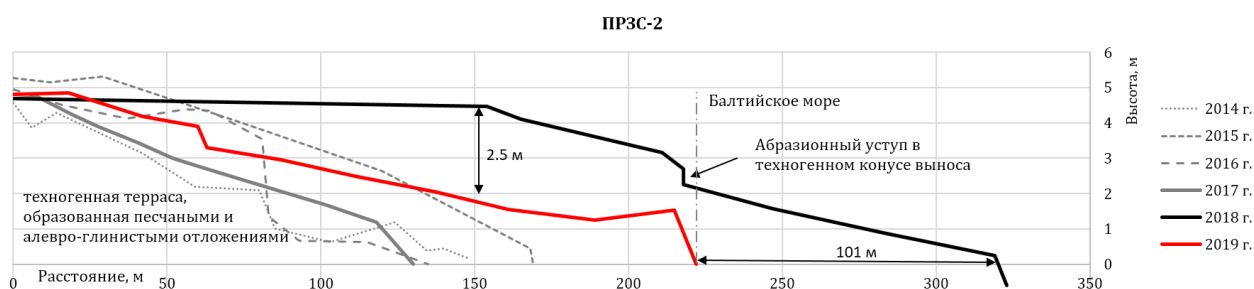


Рис.37. Динамика поперечного профиля пляжа ПРЗС-2 с 2014 по 2019 гг. (Отчет ВСЕГЕИ, 2019).

Был произведен анализ космоснимков, который показывает динамику изменения берега в районе пос. Покровское (рис.38). Можно сделать вывод, что исследуемый участок береговой зоны является литодинамически связанной системой, в которой отчетливо прослеживается зона устойчивой аккумуляции в Покровской бухте, а также зона устойчивого разрушения – абразионный уступ к северо-западу от мыса Песчаный. Разрушение абразионного берега на участке способствует накоплению отложений в зоне прибоя, которыми подпитывается пляж, расположенный южнее. Этот процесс вкупе с периодическим сбросом осадочного материала в виде пульпы Янтарного комбината, приводит к увеличению пляжа в береговой зоне Покровской бухты. За 16 лет с 2002 по 2018 г. «коренной» берег в районе мыса отступил на 20 метров, что составляет около 1.3

м/год. Пляж за этот период сократился с 65 м до 8 м. На участке профиля ПРЗС-1, к югу от техногенного конуса выноса в период с 2002 по 2018 год, пляж выдвинулся в море на 90 метров (ширина увеличилась с 35 до 125 м) (отчет ВСЕГЕИ, 2019).

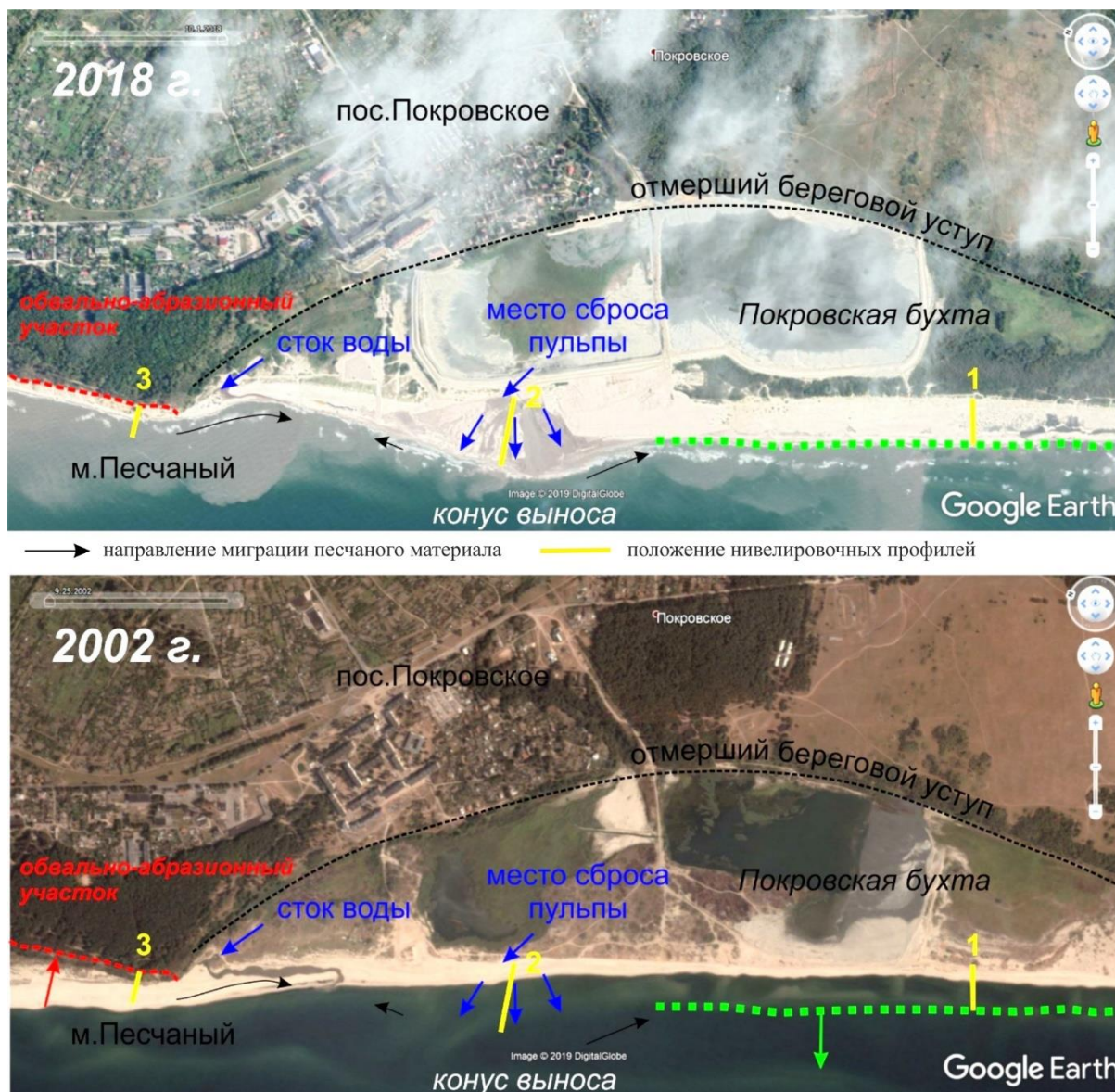


Рис.38. Анализ изменения береговой зоны для Покровской бухты по космоснимкам с 2002 по 2018 гг. (отчет ВСЕГЕИ, 2019).

На побережье Самбийского полуострова, в частности на участке в районе Покровской бухты существенным видом переработки береговой зоны является выработка янтаря несанкционированными способами, в том числе путем размыва пляжевых отложений, в результате которого образуются воронки, диаметром около 3-4 м и глубиной до 1.5 м. В районе профиля ПРЗС-1 при рассмотрении космоснимка 2018 года их отчетливо видно (рис.39,А,Б; рис.40). В период с 2018 по 2019 г, поверхность пляжа была размыва, в результате зимних штормов воронки были переработаны и не сохранились в рельефе (отчет ВСЕГЕИ, 2019).



А. 2017 г.



Б. 2018 г.

Рис.39. Техногенные незаконные выработки грунта на западном берегу Самбийского полуострова к югу от пос. Янтарный. (отчет ВСЕГЕИ, 2019)



Рис.40. Воронки размыва пляжа при несанкционированной добыче янтаря. Космоснимок 2018 г. (отчет ВСЕГЕИ, 2019)

Береговой уступ в районе мыса Песчаный подходит к зоне волнового воздействия вплотную. Берега активно разрушаются, частым явлением являются обвалы и осыпи, отложения которых довольно быстро подвергаются размыву. Бровка уступа стремительно отступает. Нивелировка пляжа, выполненная у м. Песчаный, показывает высокую степень участия склоновых процессов в балансе осадочного материала на пляже (рис.41). Обвал, который произошел здесь в 2017 г. был переработан волнами, и пляж снова приобрел положение близкое к состоянию на 2016 г. В настоящий период этом участке продолжается развитие опасных геологических процессов, сопровождающихся деградацией берегового уступа, осыпанием и обрушением склона, а также переработкой пляжа (рис.42) (отчет ВСЕГЕИ, 2019).

Склон осыпи,
сложенной песком,
супесями и суглинками

ПРЗС-3

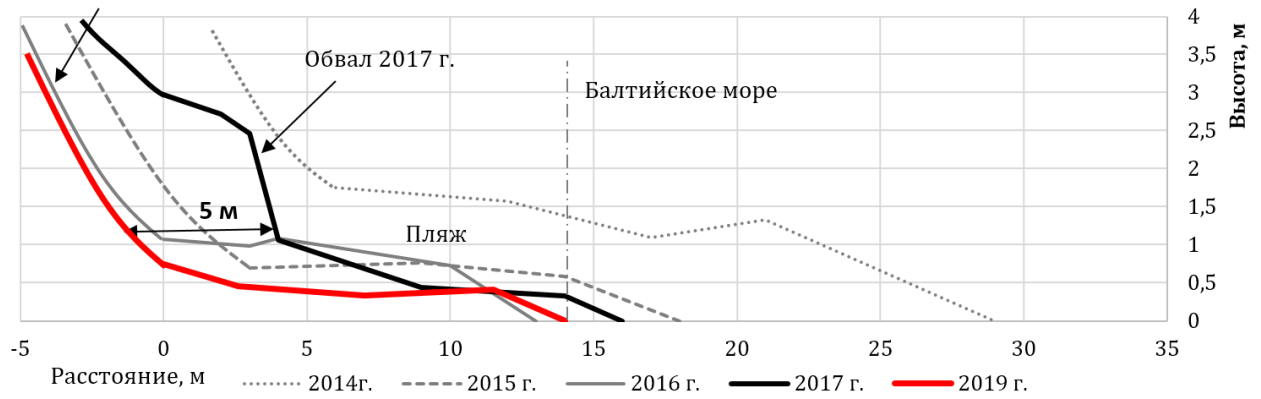


Рис. 41. Динамика поперечного профиля пляжа ПРЗС-3 с 2014 по 2019 гг. (отчет ВСЕГЕИ, 2019).



Рис. 42. Участок абразионного обвально-осыпного берега. Слева фото 2017 г., справа — 2019 г. (отчет ВСЕГЕИ, 2019).

Помимо нивелировки пляжа на этом участке был изучен сам береговой уступ и отложения, его слагающие. Сам склон довольно крутой (углы на некоторых его участках достигают 80°). Наиболее пологие части склона задернованы, но большая часть обнажается ввиду активной динамики. Высота уступа — около 25 м. Морфология уступа сложная, с большим количеством различных по составу слоев. Профиль уступа, отложения его слагающие, а также точки отбора проб отражены на схеме (рис.43).

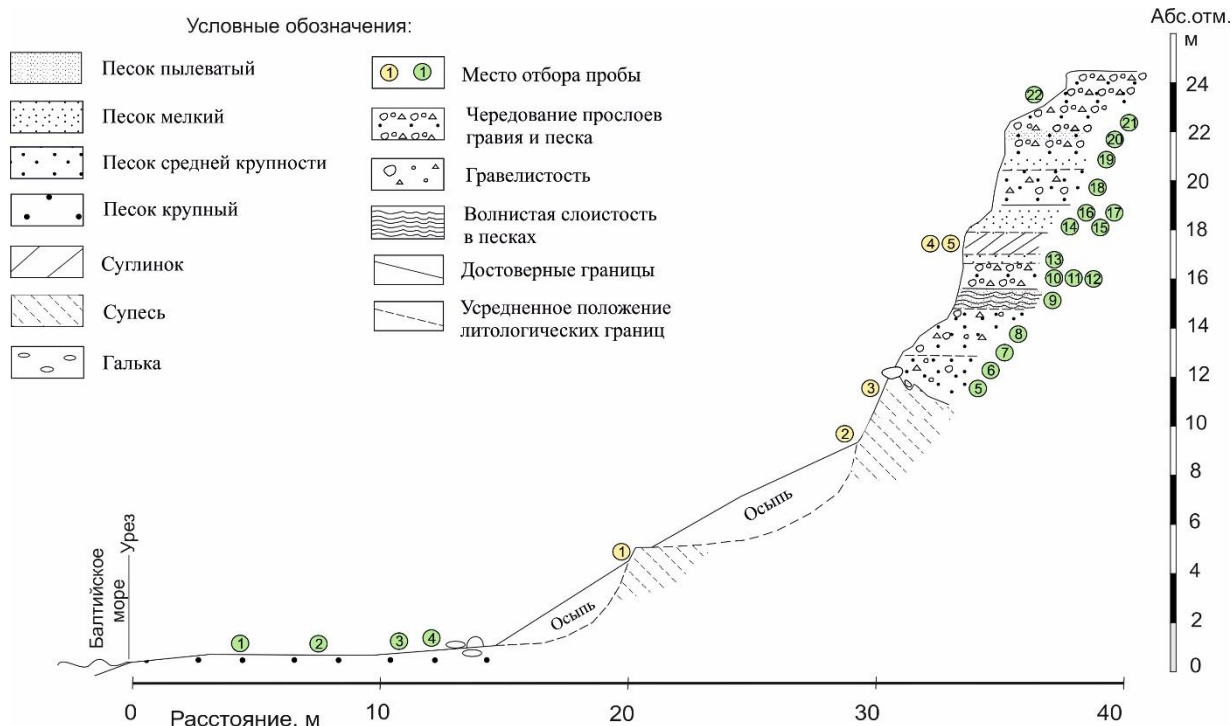


Рис.43. Схематичный разрез берегового уступа на участке Янтарный.

Из супесей и суглинков, участвующих в строении уступа были отобраны монолиты грунтов, для дальнейшего изучения их физико-механических свойств, которые отражены в таблице 10 (Приложение И).

Таблица 10

Физико-механические свойства глинистых грунтов на участке Янтарный

№ Монолита	1	2	3	4	5	
Природная влажность W , д.е.	0,152	0,124	0,17	0,226	0,273	
Плотность грунта ρ , г/см ³	2,19	2,23	2,16	1,98	1,92	
Плотн. частиц грунта ρ_s , г/см ³	2,68	2,7	2,7	2,7	2,72	
Влажность на границе	текучести W_L , д.е	0,176	0,201	0,216	0,282	0,298
	раскатывания W_p д.е.	0,142	0,131	0,149	0,207	0,197
Число пластичности I_p	0,034	0,07	0,067	0,075	0,101	
Показатели консистенции	I_L	0,29	-0,1	0,31	0,25	0,75
	C_B	0,24	-0,09	0,08	-0,07	0,23
Коеф. пористости e	0,41	0,361	0,463	0,672	0,803	
Коеф. водонасыщенности S_r	0,99	0,93	0,99	0,91	0,92	
Потери при прокаливании, д.е.	0,009	0,015	0,011	0,022	0,021	
Удельное сцепление c , Мпа	0,019	0,1	0,033	0,075	0,023	
Угол внутреннего трения ϕ , градус	13	20	21	11	16	
Отложения	супесь песчанист. пластичная тёмно-серая, с редкими включен. гравия	супесь твердая серо-бурая с редкими включен. гравия и гальки	супесь песчанист. пластичная тёмно-серая, с гравием	суглинок легкий пылеват. п/твердый светло-коричневый с включен. гальки	суглинок мягко-пластичн. бурый	

Пробы песчаных отложений были отобраны для проведения гранулометрического анализа, результаты которого представлены в приложении И.

Ширина пляжа у исследуемого абразионного уступа колеблется в пределах 10–15 метров, уменьшаясь в результате крупных обвалов и обрушений и увеличивая свою ширину при дальнейшем размыве осыпавшихся отложений. Пляж сложен песком, преимущественно среднезернистым, присутствуют валуны и галька.

Нижняя часть разреза представлена мощной толщей (около 10 метров) супеси темно-серой, пластичной с включениями гальки и гравия. Естественная влажность супеси в пределах толщи колеблется в пределах 12-17% (на некоторых участках склона наблюдается высачивание воды) (рис.44). Плотность отложений – 2,16-2,23 г/см³. Методом одноплоскостного среза были исследованы прочностные характеристики супеси. Наименьшие значения удельного сцепления ($c = 0,019$ МПа) и угла внутреннего трения ($\varphi = 13^\circ$) отмечены в нижней части толщи супеси. В средней и верхней частях толщи супесчаных отложений на участке, значения удельного сцепления лежат в интервале 0,033-0,1 МПа, а угол внутреннего трения колеблется в пределах 20-21°. Образец в котором наблюдалось наибольшее значение удельного сцепления ($c = 0,1$ МПа), характеризуется наименьшим значением консистенции из всех испытанных образцов ($IL = -0,9$), наименьшим коэффициентом пористости ($e = 0,361$), небольшой влажностью (12%) и повышенной плотностью (2,23 г/см³). Количество галечных и гравийных включений от подошвы к кровле увеличивается. В верхней части толщи супеси образуют практически вертикальную стенку (до 80°) (рис.45). Супесь трещиновата с поверхности.

На абсолютной высоте около 12 м проходит верхний контакт толщи супесей с песками. На границе между супесями и вышележащими песками прослой гальки, невыдержанный по мощности, залегает под углом около 25°. В некоторых местах выклинивается. Выше прослоя гальки, залегающего над супесями, также присутствуют менее мощные прослои гальки, чередующиеся с песком.



Рис.44. Высачивание воды на участке Янтарный.



Рис.45. Супеси в нижней части абразионного уступа на участке Янтарный.

Для залегающих над супесями среднезернистых песчаных отложений был рассчитан коэффициент неоднородности гранулометрического состава (рис.46), с целью определения вероятности возникновения механической суффозии.

Коэффициент неоднородности песка $K_n = 2,27$. При $K_n < 10$, песчаные грунты считаются несущими. Суффозионный вынос в песках с $K_n = 2,27$ возможен лишь при сверхвысоких значениях гидравлического градиента ($J > 10$). На данном участке разреза возникновение такого значительного гидравлического градиента маловероятно. Пески этого слоя не подвержены механической суффозии.



Рис.46. Кумулятивная гранулометрическая кривая, характеризующая коэффициент

неоднородности среднезернистых песков, залегающих над супесями в нижней части абразионного уступа на участке Янтарный.

Строение уступа в его верхней части крайне неоднородное. Чередуются невыдержанные по мощности и простираию прослой песчано-глинистого состава. Некоторые прослой песка имеют горизонтальную и волнистую слоистость. Большинство из слоев верхней части разреза имеют хаотичное залегание и небольшую мощность. Многие из них выклиниваются. В верхней части разреза преобладает преимущественно среднезернистый песок. Песок имеет различную степень цементации, о чем свидетельствуют выступы более плотных отложений (рис. 47). Сцепление песчаных частиц ослабевает под действием выветривания, в результате чего они осыпаются под действием гравитационных сил.

На абсолютной высоте 17-18 м отмечен прослой бурых суглинков небольшой мощности (до 1 м), образующих карниз между более рыхлыми песчаными и гравийно-галечными отложениями (рис.48). Суглинки имеют различную консистенцию у подошвы слоя ($IL = 0,25$) и по мере приближения к кровле ($IL = 0,75$), что, очевидно, связано с увеличением влажности от подошвы (22%) к кровле (27-28%). Плотность суглинков от 1,92 до 1,98 г/см³. Удельное сцепление суглинков колеблется в пределах 0,023 – 0,075 МПа, а угол внутреннего трения, $\varphi = 11-16^\circ$.



Рис.47. Слоистые пески в верхней части абразионного уступа на участке Янтарный



Рис.48. «Карниз» глинистых отложений над рыхлыми мелкими песками в верхней части абразионного уступа на участке Янтарный.

Потенциальная водоупорность суглинков, а также их повышенная влажность на контакте с вышележащими песками, свидетельствует о возможном наличие грунтовых вод, которые в период затяжных атмосферных осадков могут высачиваться на исследуемом участке. Учитывая этот факт, для залегающих над суглинками мелкозернистых песков, также был рассчитан коэффициент неоднородности

гранулометрического состава (рис.49), с целью определения вероятности возникновения суффозионного выноса.



Рис.49. Кумулятивная гранулометрическая кривая, характеризующая коэффициент неоднородности мелкозернистых песков, залегающих над «карнизом» суглинков в пределах абразионного уступа на исследуемом участке близ пос. Янтарный.

Коэффициент неоднородности песка $K_n = 1,8$. Суффозионный вынос в таких песках возможен лишь при сверхвысоких значениях гидравлического градиента ($J > 10$).

У подножия склона, в результате многочисленных осыпей, образуются подобия конусов выноса, в некоторых из них прослеживается гравитационная сортировка материала.

Верхние метры уступа представлены песчаными неоднородными отложениями с большим количеством гравия и гальки.

Большое количество различных по гранулометрическому составу песков, в том числе и разнозернистых вкуче с наличием глинистых условно водоупорных толщ, а так же участков с высачиваниями грунтовых вод, может привести к обвалам и оползням на участке. Глинистые отложения наиболее выражены в нижней части. Трещиноватость поверхности супесей и крутые склоны (на некоторых участках супеси образуют практически вертикальные стенки с углами склона до $70-80^\circ$) может привести к обвалам и обрушениям.

Глава 6. Типизация инженерно-геологических условий исследуемых участков

Типизация территорий осуществляется при проведении региональных инженерно-геологических исследований, которые направлены на комплексное геологическое изучение определенной территории. Цели исследований при которых выполняется типизация могут быть различны. Как правило, это определение участков строительства, характера проектирования различных сооружений и выявление условий их правильной эксплуатации. Все это важно для грамотного планирования инженерной деятельности человека в определенных инженерно-геологических условиях. Именно для этого и проводят типизацию инженерно-геологических условий. После ее проведения становится возможным выделение основных, наиболее существенных факторов, влияющих на инженерно-геологические условия.

Следует отметить, что каждую отдельно взятую территорию можно охарактеризовать определенными качествами, которые можно изобразить графически, например, на схеме или разрезе. Это позволяет при рассмотрении большого количества территорий или участков выбрать несколько из них по сходствам тех или иных признаков. В итоге для каждой группы схожих по определенным инженерно-геологическим условиям можно будет составить свой один типичный разрез, колонку, схему. Составление типовых разрезов, колонок, схем и другой графики, помогает отобразить общие черты участков. Это и подразумевает типизацию по инженерно-геологическим условиям.

6.1. Принципы типизации инженерно-геологических условий территорий

Типизация территорий и участков по определенным признакам упрощает процесс дальнейшей оценки и прогноза инженерно-геологических условий. Инженерно-геологическая типизация территорий позволяет использовать метод аналогии при оценке факторов и условий различных участков. В случае с побережьем Самбийского полуострова, где большое распространение получили различные геологические процессы, негативно влияющие на состояние береговой зоны полуострова, инженерно-геологическая типизация участков и территорий позволит применять комплексы мероприятий по защите берега от разрушения с максимальной эффективностью.

Региональные исследования направлены на обобщение, схематизацию инженерно-геологических условий, для выявления наиболее существенных. Такое обобщение для обширных территорий и их частей представляет собой типизацию (Ломтадзе, 1978).

На практике, инженерно-геологическая типизация в полной, наиболее законченной форме осуществляется при районировании (типологическом и оценочном). Типизация ИГУ выступает как важнейший этап исследований, позволяющий перейти к картографированию и дать комплексную оценку инженерно-геологических условий территории или участков (Трофимов, 2003).

Понятие «типизация» достаточно субъективное, этот термин описывается разными авторами не одинаково. Например, 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». Взгляд Г.Л. Коффа и Е.Н. Коломенского на значение этого термина немного отличается: «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).

Обобщая определения и трактовки авторитетных авторов, значение термина можно определить следующим образом. Типизация инженерно-геологических условий – это определение типов инженерно-геологических обстановок, которые характеризуют изучаемую территорию. В зависимости от задач, которые поставлены перед исследованиями, подход к типизации может отличаться. При общей оценке типизация, как правило, учитывает все факторы, оказывающие влияние на инженерно-геологические условия. Если строительство ведется при определенных условиях, то нет необходимости

акцентировать внимание на факторы, которые не оказывают влияния на них, в таком случае анализируются существенные для выбранного типа строительства факторы.

Типизация должна проходить последовательно. При ее осуществлении выполняются следующие действия:

- Определяются границы объекта исследований
- Изучается объект исследований
- Выбираются классификационные признаки
- Производится деление объекта по выбранным признакам
- Создается итоговая схема типизации (классификационная схема)

6.2. Выбор классификационных признаков для типизации инженерно-геологических условий исследуемых участков

Инженерно-геологические условия каждого исследуемого участка береговой зоны Калининградского полуострова и подробная их характеристика, отражена в главе 5.

Оценка ИГУ исследуемых участков, приведённая в Главе 5, показала, что они имеют как общие для всех или нескольких участков признаки, так и различные.

Для обособления рассматриваемых участков по определённым признакам проведена типизация территорий по инженерно-геологическим условиям, в соответствии с принятыми процедурами, описанными в главе 6.1.

На основе проведенного анализа литературных и фондовых данных, а также результатов, полученных в процессе полевых работ и дальнейших лабораторных исследований, проведенных отделом Региональной геоэкологии и морской геологии ФГБУ «ВСЕГЕИ», был произведён выбор признаков, по которым участки будут характеризоваться определёнными типичными особенностями инженерно-геологических условий. Эти факторы были выбраны в качестве типобразующих (классификационных признаков) для выполнения инженерно-геологической типизации участков. Факторам, влияющим на ИГУ присвоены индексы, которые использовались при составлении схемы инженерно-геологической типизации условий.

Структурно-тектонические особенности.

Данный фактор является первостепенным при инженерно-геологическом районировании территории и его роль рассматривается в первую очередь.

В тектоническом отношении Калининградская область приурочена к юго-восточной части Балтийской синеклизы, которая в свою очередь является крупной отрицательной структурой на западе Восточно-Европейской платформы (Загородных, 2001).

Как указано в главе 2.2, исследуемый регион находится в пределах зон, характеризующихся сейсмической интенсивностью менее 6 баллов, что в соответствии с существующими нормативными документами предъявляет определённые требования к обоснованию строительства сооружений на подобных территориях. В тоже время, следует учитывать и возможность проявления более интенсивных землетрясений. Ощутимой разницы по неотектоническим признакам между исследуемыми участками не наблюдается, в результате чего всей территории присваивается индекс стI.

В числе всех типобразующих факторов наибольшую роль выполняют грунты. Они являются основанием и средой различных сооружений, в них формируются и развиваются

различные процессы, влияющие на устойчивость сооружений и береговых уступов. Ниже каждому генетическому типу присвоен соответствующий индекс.

ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ КОРЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ:

1. Кайнозойские неогеновые N_{1-2} – пески, суглинки (Филино, Светлогорск, Донское)
2. Кайнозойские палеогеновые Pg_3 – среднезернистые кварцево-глауконитовые пески. (Филино, Светлогорск, Донское)
2. Кайнозойские палеогеновые Pg_2 – ожелезненные песчаники (Филино)

ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ:

- А – Верхнечетвертичные ледниковые (g_{III})
- Б – Верхнечетвертичные водно-ледниковые, флювиогляциальные (fg_{III})
- В – Верхнечетвертичные озерно-ледниковые (lg_{III})
- Г – Среднечетвертичные ледниковые (g_{II})

СОЧЕТАНИЕ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ СЛОЕВ, встречающихся в разрезах:

- а – пески различной крупности;
- б – гравийно-галечниковый грунт;
- в – супеси;
- г – суглинки;

НАЛИЧИЕ СЛАБЫХ ГРУНТОВ В РАЗРЕЗЕ:

(or) - Наличие грунтов с большим содержанием органики (Светлогорск);

(tr) - Наличие грунтов способных к тиксотропному разуплотнению.

Тиксотропным превращениям наиболее подвержены супесчаные отложения, содержание глинистых частиц в которых колеблется в пределах 3-7%, а также пылеватые грунты. Относительно большое содержание глинистых и пылеватых частиц в отмечено на трех участках, за исключением берегового уступа на участке Филино, где в составе отложений преобладает песок. Проявление тиксотропии на участках Светлогорск, Донское и Янтарный, может проявляться при внешних воздействиях. Это необходимо учитывать при планировании инженерной деятельности в пределах исследуемых уступов.

Важным критерием при определении инженерно-геологических условий на выбранных участках является взаимодействие песчаных и глинистых отложений, принимающих участие в строении береговых уступов. На основе этого в пределах исследуемых участков было выделено 2 типа разрезов (рис.50): 1-й тип характеризуется

лишь одним контактом между песчаными и глинистыми отложениями, а 2-й тип разреза представляет собой более сложное сочетание, где глинистые отложения залегают слоями на разных абсолютных отметках.

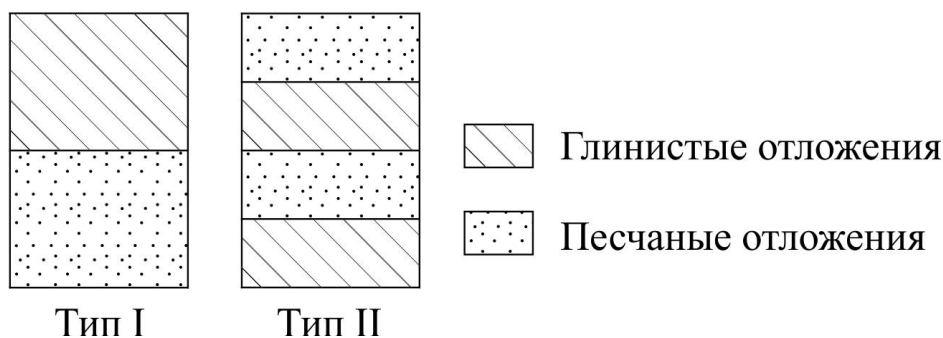


Рис.50. Типы разрезов по характеру взаимодействия глинистых и песчаных отложений.

На участке Фирино по характеру взаимодействия глинистых и песчаных отложений выделен тип I, а для участков Светлогорск, Донское и Янтарный характерным является тип II. Особенности гранулометрического состава и физико-механические свойства грунтов, составляющих эти типов разрезов рассмотрены подробно в Главе 5.

С инженерно-геологических позиций, выделение данных типов обосновано тем, что в зависимости от сочетания и характера взаимодействия глинистых и песчаных отложений, характеризующихся конкретным гранулометрическим составом и свойствами, в каждом из них возможно развитие определённых процессов, рассмотренных в главе 5, при этом важно учитывать факторы, представленные в таблице 11 и перечисленные ниже.

Таблица 11

Геоморфологические условия исследуемых участков.

Ключевые участки	Западное побережье		Северное побережье	
	Янтарный	Донское	Фирино	Светлогорск
Геоморфологические факторы, влияющие на ИГУ участка				
Перепады высот	От уреза до верха перепад высот составляет 23-27 м	От уреза до верха перепад высот составляет 30-35 м	От уреза до верха перепад высот составляет 25-30 м	От уреза до верха перепад высот составляет 35-40 м
Крутизна склонов	40-60°	40-60°, в верхней части углы достигают 90°	40-60°	40-60°
Ширина пляжа	В районе абразионного уступа 10-15 м	10-15 м	15-20 м	20-35 м

Гидрологические факторы на рассматриваемых участках следующие:

(t) – Волновая абразия.

Волновая абразия проявлена на всех участках примерно в одинаковой степени. Преобладание западных ветров увеличивает высоту волн, оказывающих влияние на уступы западного побережья, а большой разгон по акватории с севера на юг – фактор, влияющий на берега северного побережья Самбийского полуострова.

(r) - Затопление определённой территории в результате подъёма уровня воды во время штормов и нагонных ветров.

Проявлено на всех участках. Подъем воды до 1,5-2 метров. Наиболее выражено на участках, имеющих бухтовое расположение (Филино, Светлогорск, Янтарный)

Геологические и инженерно-геологические процессы, влияющие на береговую зону в пределах исследуемых участков:

(p) - Морозное пучение грунтов.

Оценка пучинистости грунтов на участке Светлогорск, показала наличие в разрезе отложений, склонных к морозному пучению. Схожесть некоторых характеристик грунта, включая тип, влажность и гранулометрический состав на участках Светлогорск, Янтарный и Донское, показывает, что при определенных условиях проявление морозного пучения возможно.

(e) боковая эрозия (за счет движения потоков воды в каньонах-врезах.)

Проявлена на участке Донское

(gr) – Склоновые процессы. (ор-оползни, ос-осыпи, об-обвалы)

(ms) – Механическая суффозия.

Исходя из расчетов коэффициента неоднородности для песков, залегающих в пределах слоев с возможным высачиванием грунтовых вод, следует признать отложения несуффозионными. Проявление этого процесса на участках возможно лишь при сверхвысоких значениях напорного градиента.

Условия, связанные с антропогенным воздействием на участки:

(/) Грунты подвергаются техногенному разрушению

Участок Светлогорск испытывает наибольшую нагрузку с точки зрения рекреации. На участке Янтарный значительный вклад в динамику береговой зоны оказывает добыча янтаря.

(+) Наличие берегозащитных сооружений

В пределах участка Светлогорск, берегозащитное сооружение представлено габионной конструкцией.

Оценка сочетания и взаимодействия рассмотренных факторов позволила выполнить инженерно-геологическую типизацию участков, представленную в таблице 12.

6.3. Типизация инженерно-геологических условий участков Самбийского полуострова по выбранным классификационным признакам

Таблица 12

СХЕМА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ТИПИЗАЦИИ УСЛОВИЙ

Участки	Северное побережье		Западное побережье	
	Светлогорск	Фирино	Донское	Янтарный
Факторы	Светлогорск	Фирино	Донское	Янтарный
Структурно-тектонические особенности	стI	стI	стI	стI
Геолого-генетические комплексы коренных отложений	Pg ₃ N ₁	Pg ₂ , Pg ₃ , N ₁₋₂	Pg ₃ , N ₁₋₂	-
Геолого-генетические комплексы четвертичных отложений	А, Б	А	Б	Б, В, Г
Сочетание литологических слоев	а, б, в, г	а, б, в	а, б, в, г	а, б, в, г
Наличие слабых грунтов в разрезе	<i>or, tr</i>	-	<i>tr</i>	<i>tr</i>
Типы геологических разрезов	II	I	II	II
Гидрологические факторы	<i>t, r</i>	<i>t, r</i>	<i>t, r</i>	<i>t, r</i>
Склоновые процессы	<i>op, os, ob</i>	<i>os, ob</i>	<i>op, os, ob</i>	<i>op, os, ob</i>
Боковая эрозия	-	-	<i>e</i>	-
Механическая суффозия	-	-	-	-
Морозное пучение	<i>p</i>	-	<i>p</i>	<i>p</i>
Техногенные факторы	/, +	-	-	/

Выполненная инженерно-геологическая типизация участков территории Самбийского полуострова, на основе выбранных классификационных признаков, и представленная в схеме инженерно-геологической типизации условий участков (таблица 12), характеризует особенности инженерно-геологические условий рассмотренных участков. Каждый из них характеризуется конкретным сочетанием грунтов (глинистых и песчаных), с определёнными физико-механическими свойствами, что предполагает развитие на них процессов, угрожающих существующим или планируемым сооружениям. Инженерно-геологическая типизация участков рассматриваемой территории Самбийского полуострова позволяет использовать метод аналогии при оценке факторов и условий участков с целью обоснования конкретных рекомендаций по защите береговой зоны.

6.4. Рекомендации по защите береговой зоны Самбийского полуострова

На всех исследуемых участках заметен процесс отступления берега, что связано с активной волновой абразии. Этот процесс показывает необходимость разработки берегозащитных мероприятий и строительства сооружений, препятствующих потере ценных береговых территорий. Важной задачей является сохранение существующих пляжей и по возможности их увеличение. На всех исследованных участках отмечен дефицит наносов, что является важнейшим фактором, увеличивающим разрушительный эффект волнового воздействия, в результате которого береговые уступы подвергаются опасности. Чтобы сохранить перемещающиеся в направлении юга и востока от мыса Таран наносы, необходимы пляжеудерживающие сооружения, такие как буны. Буны – сооружения, представляющие из себя серию стенок, расположенных, как правило, перпендикулярно берегу. Пространство между стенками бун выполняет роль ловушки для алевропесчаного материала. Буны широко распространенный и достаточно эффективный метод берегозащитных мероприятий в пределах морских побережий. Наибольшего эффекта пляжеудерживающие сооружения достигают в комплексе с другими берегозащитными мероприятиями. На участке Донское применение бун не даст положительного эффекта, ввиду его расположения. Находясь неподалеку от мыса Таран, который является начальной точкой движения наносов в южном и восточном направлении, образующихся в результате береговой абразии, участок Донское испытывает колоссальный дефицит осадочного материала, наличие которого в пределах субаквальной части береговой зоны обязательно для функционирования пляжеудерживающих сооружений. Искусственный пляж без применения пляжеудерживающих сооружений можно наблюдать к Югу от Янтарного комбината, в Покровской бухте. Но из-за перемещения наносов в южную сторону, даже масштабные и постоянные сбросы пульпы с комбината не позволяют материалу накапливаться в пределах абразионных участков к северу от него.

Масштабным и эффективным методом является искусственное террасирование склона. Этот метод в рамках экспериментального проекта был выполнен в пределах береговой зоны Самбийского полуострова к востоку от участка Филино. В результате отступление берега практически полностью прекратилось, берег стабилизировался. Однако, ввиду внушительной высоты береговых уступов, а также близости к береговому склону различных сооружений на всех четырех исследованных участках, этот метод применить и реализовать практически невозможно без кардинального изменения инфраструктуры в пределах береговой зоны.

Волнозащитные сооружения, такие как подпорные стенки могут быть эффективными на участках, однако, следует учитывать, что волновая активность в исследуемой области достаточно высока, соответственно, необходимо особое внимание уделить физико-механическим свойствам грунтов, которые будут взаимодействовать с сооружением. Если сооружение будет устанавливаться на размываемые грунты, то глубину заложения его основания необходимо устанавливать ниже возможного размыва. Выходом из ситуации может стать возведение сооружений на свайных фундаментах. При возведении волнозащитных сооружений, следует учитывать наличие потенциально пучинистых грунтов в пределах основания уступа на участках Светлогорск и Янтарный.

Уступ на участке Филино характеризуется преобладанием песчаных отложений, вероятно, стоит особое внимание уделить сохранению и увеличению пляжа. Волнозащитные конструкции предпочтительно использовать проницаемые, с волногасящими камерами. Участок Светлогорск располагается всего в 300 метрах от прогулочного променада, который, вероятно, будет расширен. При возведении нового променада учитывались ошибки при строительстве предыдущего, который был разрушен штормами. Подход к берегозащите на участке стал более комплексным.

Особое внимание при проведении берегозащитных мероприятий необходимо обращать на смежные территории, на которых может наблюдаться усиление размыва и возрасти дефицит пляжевого материала.

Заключение

В результате выполненной работы была достигнута поставленная цель: обоснование инженерно-геологической типизации различных участков береговой зоны Самбийского полуострова.

Были выполнены следующие задачи: анализ литературных и фондовых источников, результатов собственных исследований, направленных на изучение особенностей инженерно-геологических условий выбранных участков побережья Самбийского полуострова.

Основной задачей являлась типизация инженерно-геологических условий участков, с этой целью были выделены факторы, влияющие на инженерно-геологические условия. Каждому из факторов был присвоен определенный индекс. Индексы использовались в дальнейшем при построении схемы инженерно-геологической типизации выбранных участков.

Типизация территории Самбийского полуострова проводилась на основе изучения инженерно-геологических условий четырех участков, два из которых (Светлогорск и Филино) располагались в пределах северного побережья, а два других (Донское и Янтарный) в пределах западного побережья Самбийского полуострова. Она показала их сходства и индивидуальные особенности. По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- На всех участках береговая зона нуждается в берегозащитных мероприятиях. Важным моментом является необходимость комплексного подхода к берегозащитным мероприятиям. При укреплении берегов необходимо учитывать физико-механические свойства грунтов. Из-за внушительной динамической нагрузки на сооружение, при недостаточно грамотном планировании оно может прийти в негодность.
- Возведение жилых построек и других сооружений, не направленных на защиту берега от волнового воздействия, в непосредственной близости от абразионных уступов на исследуемых участках может быть опасным и привести к негативным последствиям.
- Детальные инженерно-геологические исследования необходимы в пределах береговой зоны Самбийского полуострова ввиду большой изменчивости отложений, большого количества слоев грунтов различного состава, имеющих различающиеся физико-механические свойства.
- Типизация участков по факторам, влияющим на инженерно-геологические условия, облегчает планирование инженерной деятельности человека в береговой зоне. По общим особенностям можно дать рекомендации и обеспечить правильное и безопасное проектирование, строительство и дальнейшее использование объектов на побережье.

Список литературы

Монографии:

1. Атлас геологических и эколого-геологических карт Российского сектора Балтийского моря. Под ред. О. В. Петров. СПб.: ВСЕГЕИ, 2010, 78 с.
2. Бабаков А.Н. Пространственно-временная структура течений и миграций наносов в береговой зоне юго-восточной Балтики (Самбийский п-ов и Куршская коса) // Дисс. канд. геогр. наук. Калининград. Географ. фак-т. КГУ. 2003г. 273 с.
3. Бутылин В.П. и др. Морские геологические исследования с целью разработки и совершенствования инженерно-геологических методов при геологической съемке шельфа. Л.: ВСЕГЕИ, 1984, 113 с. (Фонды ВСЕГЕИ)
4. Гальперин, А.М. Геология. Часть IV. Инженерная геология: / Гальперин А.М., Зайцев В.С. – М.: Горная Книга, 2009. – 559 с.
5. Географический атлас Калининградской области. Под ред. В.В. Орленок. – Калининград: Изд-во КГУ; ЦНИТ, 2002. – 276 с.
6. Гидрогеология СССР. Том XLV Калининградская область РСФСР. Под ред. А. В. Сидоренков. М.: Недра, 1970, 158 с.
7. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том III Балтийское море. Вып. 1 Гидрометеорологические условия. Под ред. Ф. С. Терзиев. СПб.: ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ, 1992, 446 с.
8. Жиндарев Л.А., Рябкова О.И., Сивков В.В. Геология и геоморфология морских берегов // Нефть и окружающая среда Калининградской области, 2012. Том 2. М.;Калининград. С. 19-36.
9. Загородных В.А. Геология и полезные ископаемые Калининградского региона/ В.А. Загородных, Т.А. Кунаева. - Калининград: Балтгеолресурсы, 2005. - 171 с.
10. Загородных В.А. Стратиграфия Калининградского региона/ В.А. Загородных, А.В. Довбня, В.А. Жамойда; под науч. ред. Г.С.Харина ; Департамент природ. ресурсов по Сев.-Зап. региону. - Калининград, 2001. - 226 с.
11. Зенкович В.П. Динамическая классификация морских берегов//Труды Ин-та океанологии АН СССР, 1954, Т.10. С. 112-134
12. Иванов И.П., Тржцинский Ю.Б. Инженерная геодинамика. – СПб.: Наука, 2001, 416 с.
13. Ионин А.С., Медведев В.С., Павлидис Ю.А. Типы морфолитогенеза на шельфах мирового океана// Континентальные и островные шельфы. Рельеф и осадки. М.: Наука, 1981. С.5-33.
14. Ипатов П.П. Региональная инженерная геология: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 140 с.

15. Карлов В.Д. Основания и фундаменты на сезоннопромерзающих пучинистых грунтах. СПб : Изд-во СПбГАСУ, 2007, 361 с.
16. Корзинин Д.В. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата географических наук на тему «Динамика рельефа береговой зоны северного побережья Самбийского полуострова (юго-восточная Балтика)» Москва, 2012.
17. Корзинин Д.В Морфодинамика абразионно-бухтового берега при волнениях разной интенсивности (на примере северного побережья Самбийского полуострова)//Геоморфология, изд. Наука (М.), 2016, № 2, с. 41-50
18. Костенко В.П. Геоморфология. М.: Изд-во МГУ, 1985, 312 с.
19. Леонтьев О.К. Основы геоморфологии морских берегов. М.: МГУ, 1961, 418с.
20. Логвиненко Н.В. Морская геология. Л.: Недра, 1980, 343 с.
21. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Специальная инженерная геология. Л., Недра, 1978. 496с.
22. Лукьянова Н. В., Богданов Ю. Б., Васильева О. В., Варгин Г. П. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Лист N(34) – Калининград. Объяснительная записка. – СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2011, 226 с.
23. На пути создания современной геологической основы береговедения : (базовая терминология)/ М.А. Спиридонов, Д.В. Рябчук, В.А. Жамойда, Г.Г. Гогоберидзе// Региональная геология и металлогения. - 2006. - № 28. - С. 181-191
24. Национальный атлас России. Т.2. Природа. Экология. Под ред. В. М. Котляков, Г. Ф. Кравченко. М.: Роскартография, 2007, 495 с.
25. Нефть и окружающая среда Калининградской области. Т. 2. Море. - Калининград: «Янтарный сказ», 2012. 587 с. (Под. ред. Ю.С. Каджояна, О.Е. Пичужкиной, В.В. Сивкова и В.Н. Фельдмана.
26. Орленок В.В. Полевая общегеографическая практика: учебное пособие. Калининград: Калинингр. ун-т, 1995, 212 с.
27. Павлидис Ю.А., Бабаев Ю,М, Ионин А.С. и др. Особенности полярного морфолитогенеза на шельфе северо-востока СССР. //Континентальные и островные шельфы. Рельеф и осадки. М.: Наука, 1981. С.33-96.
28. Природные опасности России. Т.3. Экзогенные геологические опасности. Под. Ред. Кутепова В.М., Шеко А.И. М.: Крук, 2002, 348 с.
29. Трофимов В.Т. Теоретические аспекты грунтоведения. - М.: Изд-во МГУ, 2003, - 114 с.
30. Уломов В.И. К оценке сейсмической опасности в Калининградской области/ В.И. Уломов, К.Н. Акатова, Н.С. Медведева// Физика Земли. - 2008. - № 9. - С. 3-19

31. Усенков С.М. Прибрежно-морской морфоседиментогенез: учеб. пособие/ С.М. Усенков; С.-Петерб. гос. ун-т. - Санкт-Петербург: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 1998. – 72
32. Харин Г.С., Харин С.Г., Ерошенко Д.В. «Инженерно-геологические аспекты освоения Калининградского морского побережья»/Геозкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология, 2010, №6, с.521-531
33. Шеко А.И., Круподеров В.С. Оценка опасности и риска экзогенных геологических процессов//Геозкология, 1994. №1. С.11-20

Нормативные документы:

1. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация.
2. ГОСТ 28622-2012. Грунты. Метод лабораторного определения степени пучинистости.
3. ГОСТ Р 56353-2015. Грунты. Методы лабораторного определения динамических свойств дисперсных грунтов.
4. ГОСТ 9.602-2005. Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии.
5. РСН 51-84. Инженерные изыскания для строительства. Производство лабораторных исследований физико-механических свойств грунтов.
6. СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии (с Изменением N 1).
7. СП 131.13330.2011. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменениями N 1, 2).
8. СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96.
9. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* (с Изменениями N 1, 2).

Фондовые материалы:

1. Информационный бюллетень о состоянии геологической среды прибрежно-шельфовых зон Баренцева, Белого и Балтийского морей в 2018 гг. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2018.
2. Информационный бюллетень о состоянии геологической среды прибрежно-шельфовых зон Баренцева, Белого и Балтийского морей в 2019 гг. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2019.
3. Спиридонов, Рябчук и др. (2008). Спиридонов М.А., Рябчук Д.В., Нестерова Е.Н. Исследование морфо- и литодинамических процессов береговой зоны Курортного района. СПб.: ВСЕГЕИ, 2008, 568 с. (Фонды ВСЕГЕИ).

Приложения

Приложение А – Категории сложности инженерно-геологических условий в соответствии с СП 47.13330.2012 (Таблица А.1. СП 47.13330.2012).

Приложение Б - Схема проявлений ЭГП в пределах Северного побережья Самбийского полуострова.

Приложение В - Схема распределения донных грунтов в пределах Северного побережья Самбийского полуострова.

Приложение Г - Физико-механические свойства отложений на участке Светлогорск.

Приложение Д - Результаты гранулометрического анализа отложений абразионного уступа на участке Филино.

Приложение Е - Схема проявлений ЭГП в пределах пункта наблюдений «Западное побережье Самбийского полуострова».

Приложение Ж - Литологическая карта-схема пункта наблюдений «Западное побережье Самбийского полуострова».

Приложение З - Основные физико-механические свойства и гранулометрический состав отложений, слагающих абразионный уступ на участке Донское.

Приложение И - Основные физико-механические свойства и гранулометрический состав отложений, слагающих абразионный уступ на участке Янтарный.

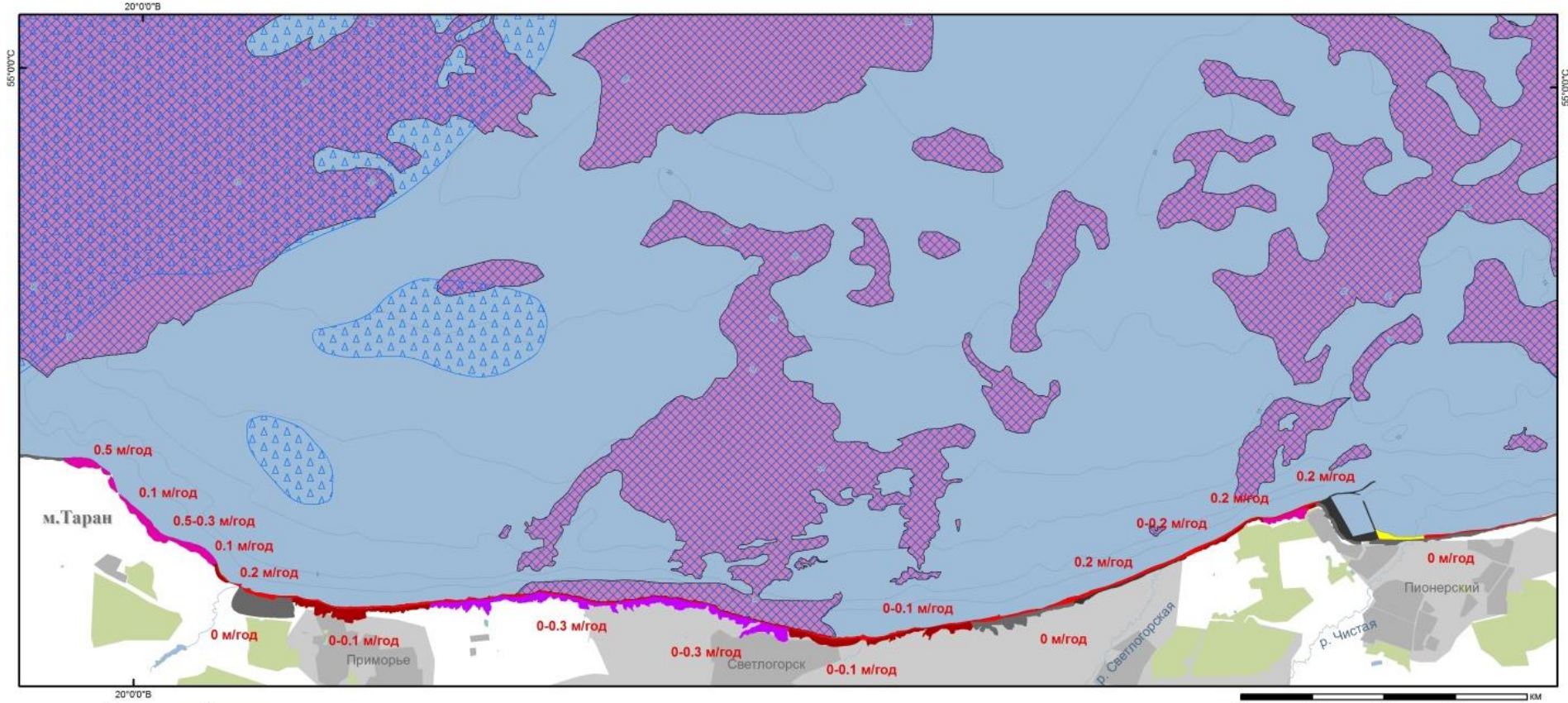
ПРИЛОЖЕНИЕ А

Категории сложности инженерно-геологических условий в соответствии с СП 47.13330.2012 (Таблица А.1. СП 47.13330.2012).

Факторы, определяющие производство изысканий	Категории сложности		
	I (простая)	II (средняя)	III (сложная)
Гео-морфологические	Один геоморфологический элемент. Поверхность слабонаклонная, нерасчлененная	Несколько геоморфологических элементов одного генезиса. Поверхность слабонаклонная, слаборасчлененная	Несколько геоморфологических элементов разного генезиса. Поверхность сильнорасчлененная. Склоны
Геологические	Не более двух литологических слоев с уклоном $\leq 0,1$, мощность выдержанная. Свойства грунтов меняются незначительно. Основание - скальные монолитные грунты	Не более четырех литологических слоев. Мощность и характеристики грунтов изменяются закономерно. Скальные грунты с неровной кровлей, перекрытой нескальными грунтами	Более четырех слоев. В разрезе линзы, выклинивание слоев, тектонические нарушения. Состав и показатели свойств грунтов закономерно изменчивы. Скальные грунты: трещиноватые, кровля расчлененная, выветрелая
Гидро-геологические	Один выдержанный горизонт неагрессивных подземных вод	Два и более выдержанных горизонта, линзы слабоагрессивных (загрязненных) вод, наличие напорных вод	Горизонты подземных вод не выдержаны, сложное чередование водоносных и водоупорных пород, химический состав неоднородный или загрязненный
Опасные геологические и инженерно-геологические процессы	Отсутствуют	Имеют ограниченное распространение или не оказывают влияния на проектные решения, строительство и эксплуатацию объектов	Имеют широкое распространение или оказывают решающее влияние на проектные решения, строительство и эксплуатацию объектов
Специфические грунты (в основании фундамента)	Отсутствуют	Ограниченно распространены или не оказывают существенного влияния на проектные решения, строительство и эксплуатацию объектов	Широко распространены или оказывают решающее влияние на проектные решения, строительство и эксплуатацию объектов
Природно-технические условия производства работ	Хорошие условия для проходимости техники, развитая инфраструктура, наличие стационарных построек для базирования	Плохие условия для проходимости техники, слабо развитая инфраструктура, ограниченность стационарных построек для базирования	Очень плохие условия для проходимости техники, неразвитая инфраструктура, отсутствие стационарных построек для базирования

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Схема проявлений ЭГП в пределах Северного побережья Самбийского полуострова (отчет ВСЕГЕИ, 2019)



Условные обозначения

- Площадной размыв дна течениями и волновыми процессами
- Области развития гравитационных ЭГП (обвалы, осыпи)

Абразионные формы

- Активный абразионный уступ
- Активный абразионный уступ в оползневом цирке
- Активный абразионный уступ с овражной эрозией
- Стабилизированный абразионный уступ
- 0.4-0.5 м/год** Средняя скорость отступления берегового уступа (за 77 лет)

Аккумулятивные формы

- Стабильный пляж
- Размываемый пляж

Техногенные формы

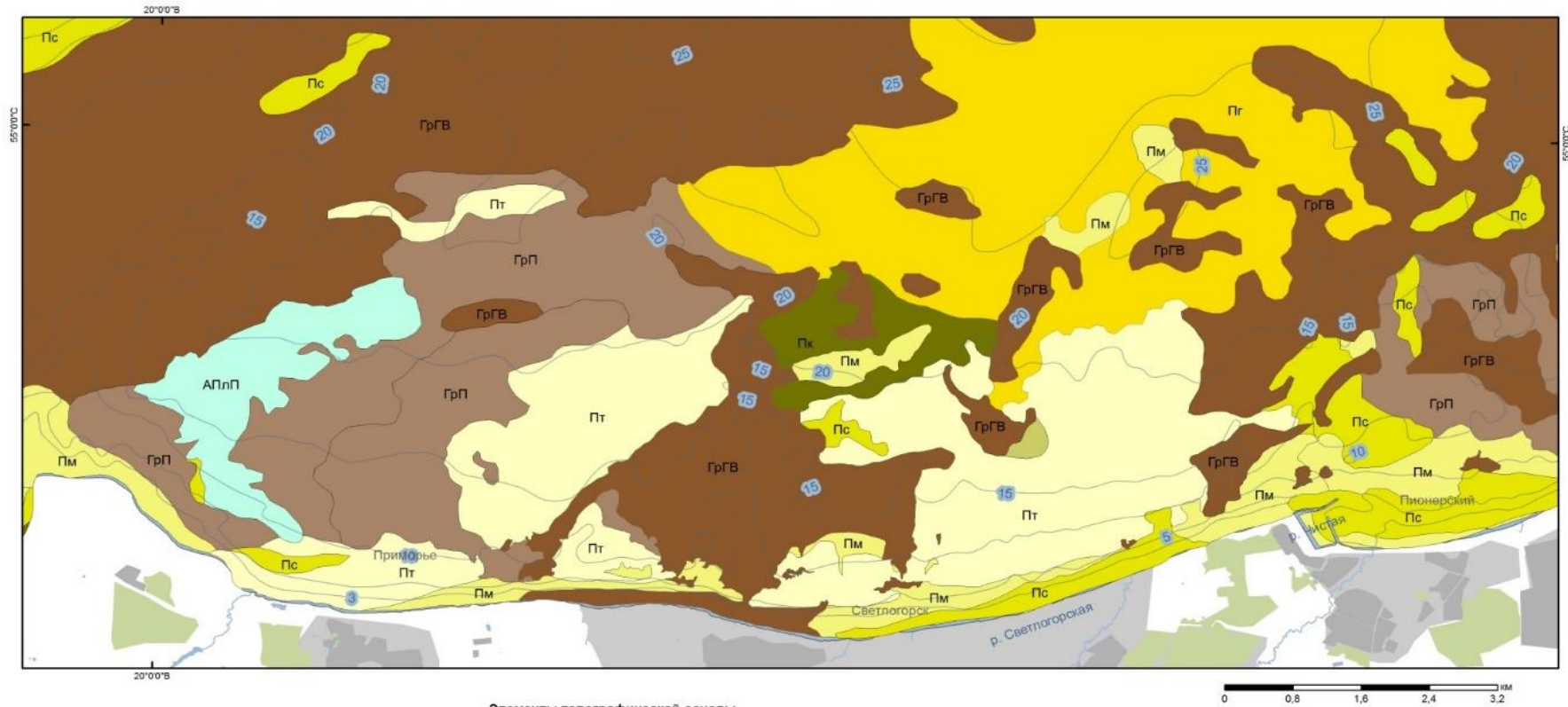
- Гидротехнические сооружения

Элементы топографической основы

- Акватория
- Населенные пункты
- Береговая линия
- Изобаты
- Реки

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Схема распределения донных грунтов в пределах Северного побережья Самбийского полуострова (отчет ВСЕГЕИ, 2019)



Условные обозначения

- ГрГВ** Песок грубозернистый
- ГрГр** Галька, гравий, валуны
- ГрП** Гравийный песок
- Пк** Песок крупнозернистый
- Пкс** Песок крупно-среднезернистый
- Пс** Песок среднезернистый
- Пм** Песок мелкозернистый
- Пт** Песок тонкозернистый
- АПлП** Алевро-пелитовый песок

Элементы топографической основы

- Береговая линия
- Изобаты
- Реки
- Акватория
- Населенные пункты



ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Физико-механические свойства отложений на участке Светлогорск

НАИМЕНОВАНИЕ И ОПИСАНИЕ ГРУНТОВ	Природная влажность w, д.е.	Плотность грунта ρ , г/см ³	Показатель текучести	Число пластичности	Коэф. Пористости, e	Угол внутреннего трения ϕ , градус	Удельное сцепление c, кПа	Коэф. фильтрации м/сут
Пески средней крупности рыхлые	0,02	1,92			0,75	30		20
Пески средней крупности	0,23	1,92			0,7	32		20
Супеси пылеватые пластичные	0,18	2,06	0,29	0,07	0,52	26	15	0,1
Супеси с гравием и галькой твердые линзами пластичные	0,13	2,17	-0,2	0,05	0,39	28	19	0,1
Пески средней крупности	0,14	1,94			0,65	35	1	15
Пески средней крупности с гравием.	0,25	1,96			0,6	37	1	15
Пески мелкие плотные, однородные, увлажненные, тиксотропные.	0,39	1,94			0,59	34	3	5
Суглинки пылеватые тугопластичные линзами до твердых.	0,22	2,01	0	0,13	0,64	22	28	0,05

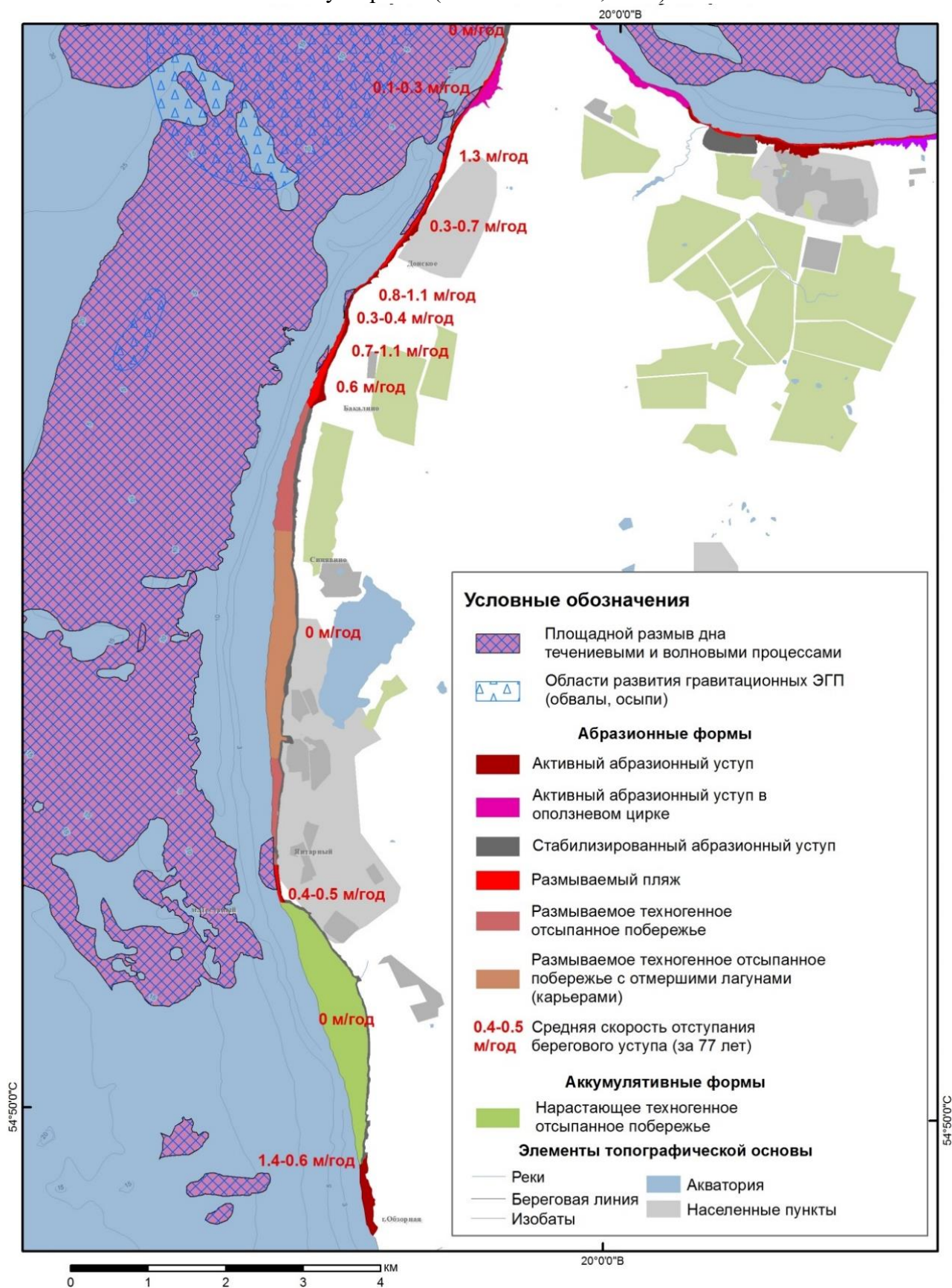
ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Результаты гранулометрического анализа отложений абразионного уступа на участке Филино

Отложения	№ обр.	Гранулометрический состав									
		% содержание частиц по фракциям (мм)									
		>10.0	10.0-2.0	2.0-1.0	1.0-0.5	0.5-0.25	0.25-0.1	0.1-0.05	0.05-0.01	0.01-0.002	<0.002
супесь пластичная зелено-бурая с единичными включ. дресвы	1 (м)			0,8	4,6	18,4	29,0	19,4	8,5	11,1	8,2
пески средней крупности	17			11,6	26,8	51,8	9,2	0,6	0,0	0,0	0,0
пески средней крупности	16			0,1	24,2	54,8	9,3	1,5	5,8	3,1	0,7
песок средней крупности	15			0,1	13,5	38,5	10,1	18,5	13,3	5,9	0,1
пески средней крупности	14	1,2	1,8	0,1	20,8	59,0	13,3	1,8	1,4	0,5	0,2
пески средней крупности	13			7,7	29,7	52,9	8,9	0,8	0,0	0,0	0,0
песок гравелистый	12	3,0	22,3	8,7	19,0	20,1	3,3	9,3	10,9	3,3	0,2
пески средней крупности	11	0,5	0,7	1,3	33,0	49,7	9,7	1,9	2,1	0,7	0,3
песок средней крупности	10	0,6	1,4	1,5	20,6	40,4	7,3	12,8	9,2	6,0	0,1
пески средней крупности	9	1,4	1,7	0,1	23,7	56,0	13,0	1,7	1,5	0,5	0,3
песок средней крупности	8			0,1	24,1	45,8	8,0	14,0	6,1	1,8	0,1
песок средней крупности	7			0,1	10,7	39,3	11,3	18,9	18,2	1,5	0,1
пески средней крупности	6	1,0	2,2	0,2	22,7	53,1	14,7	2,6	2,2	0,5	0,6
пески средней крупности	5	1,3	2,9	0,2	27,4	49,4	13,9	2,0	2,1	0,5	0,3
пески средней крупности	4	1,0	2,3	0,8	25,3	52,6	13,3	1,5	2,0	0,5	0,5
пески средней крупности	3			5,5	19,1	52,2	22,3	0,9	0,0	0,0	0,0
пески средней крупности	2	3,3	13,7	10,8	16,0	37,3	15,0	2,9	0,8	0,1	0,1
пески крупные	1	3,1	4,9	25,8	50,4	15,1	0,6	0,2			

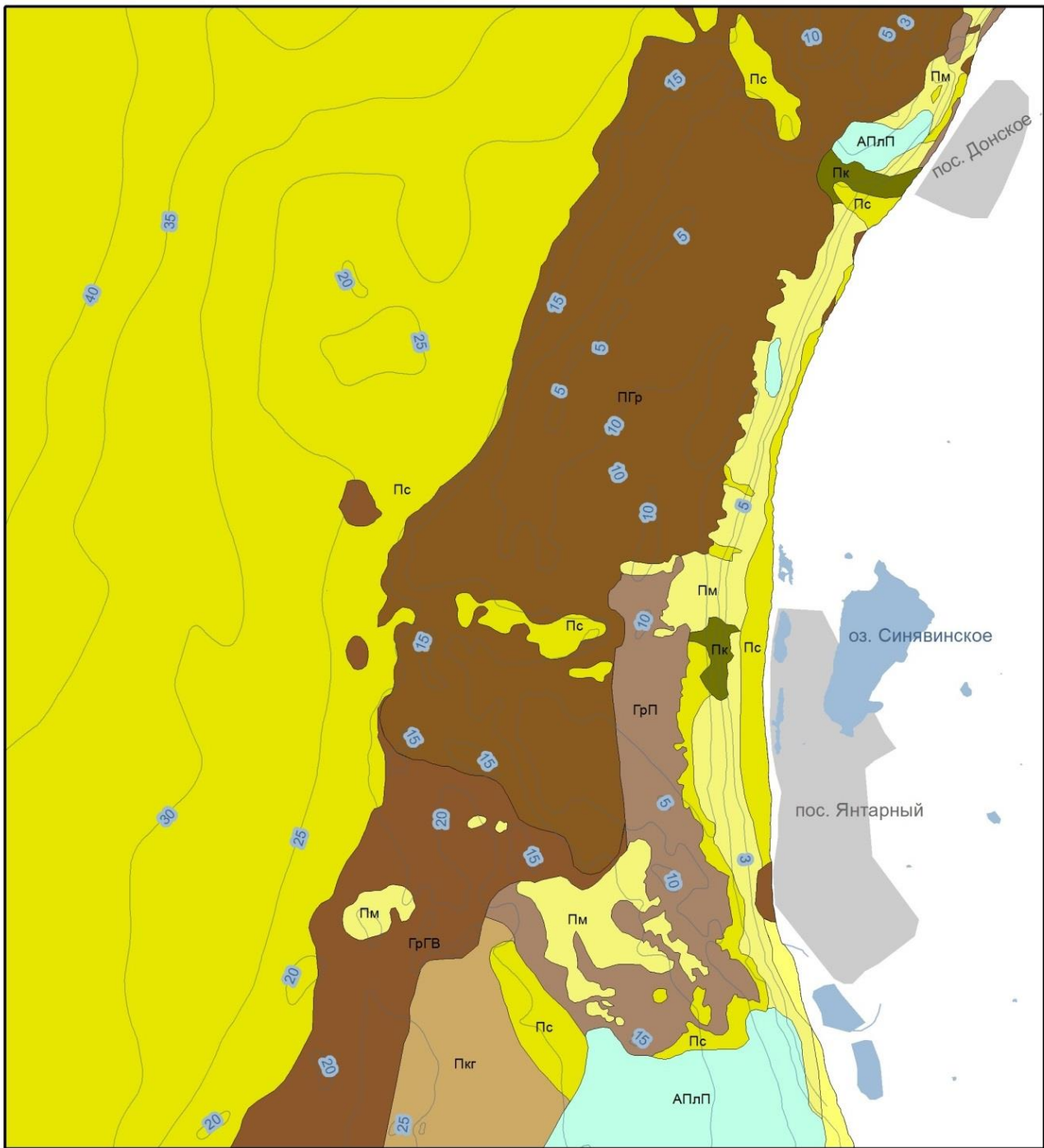
ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Схема проявлений ЭГП в пределах пункта наблюдений «Западное побережье Самбийского полуострова» (Отчет ВСЕГЕИ, 2018).



ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Литологическая карта-схема пункта наблюдений «Западное побережье Самбийского полуострова» (отчет ВСЕГЕИ, 2019)



Условные обозначения

ГрГВ	Галька, гравий, валуны
ПГр	Песчанистый гравий
ГрП	Гравийный песок
Пкг	Песок крупно-грубозернистый
Пк	Песок крупнозернистый
Пс	Песок среднезернистый
Пм	Песок мелкозернистый
АПлП	Алевро-пелитовый песок



Элементы топографической основы

—	Береговая линия	—	Реки
—	Изобаты		Акватория
			Населенные пункты

