

## Содержание:

1. Введение
2. Методика исследований
3. Морфолитодинамика береговой зоны
4. Участие неволновых процессов в рельефообразовании береговой зоны и приблизительная оценка их вклада в бюджет наносов
5. Эффективность берегозащитных мероприятий и рекомендации по их оптимизации
6. Заключение
7. Список литературы
8. Приложения

## 1. Введение

Экспедиция состоялась с 26 января по 6 февраля 2014 г., на территории Светлогорского и Зеленоградского районов Калининградской области. Базировалась экспедиция на базе учебных практик БФУ им. И. Канта в пос. Рыбное (г. Пионерский). В полевых работах участвовало 17 человек: 3 сотрудника кафедры геоморфологии и палеогеографии - начальник экспедиции с.н.с. А.А. Деркач, с.н.с Ю.Н. Фузеина, инж. Н.Н. Луговой; 2 студента I курса - Бурнина Т.А., Веселов Д.С.; 8 студентов II курса - Дворенкова О.П., Митрофанова Н.С., Романов А.О., Рудинская А.И., Сычев Н.В., Ткач Н.Т., Чайковская И.В., Шишкин В.С.; 2 студента III курса - Баранов Д.В., Мишурицкий Д.В. и 2 студента II курса кафедры криолитологии и гляциологии - Назаров В.П.; Толстого А.Д.

Цель экспедиции – изучение динамики рельефа надводной части береговой зоны и прилегающих участков суши и уточнение существующей схемы морфодинамического зонирования морского побережья Калининградской области.

Для достижения заявленных целей были поставлены следующие задачи: 1) провести наблюдения за динамикой рельефа пляжа на ключевом участке; 2) произвести оценку объёма материала пляжа Светлогорской бухты; 3) заложить стационары для исследования динамики рельефа и склоновых процессов на береговых абразионных уступах; 4) выполнить наблюдения за отступанием бровки абразионного уступа с помощью реперной сети; 5) оценить вклад малых эрозионных форм в бюджет наносов береговой зоны; 6) провести исследование особенностей рельефообразования на территориях примыкающих к верхней части береговой зоны; 7) осуществить геодезическое лазерное сканирование участка надводной части береговой зоны в Светлогорской бухте; 8) оценить эффективность работы берегозащитных сооружений.

Актуальность наших исследований определяется расположением района исследований в курортной зоне с высокой степенью освоения береговой зоны, в частности застройки её различными сооружениями рекреационного и хозяйственного назначения. При этом берега данного региона развиваются по абразионному типу и на отдельных участках скорость отступления берега доходит до 13 м/год (в среднем по Калининградской области 0,7 м/год), проводящиеся берегозащитные мероприятия зачастую не приносят желаемого эффекта, а часто и усугубляют ситуацию, так как проводятся без должного научного обоснования. Кроме того многие запланированные действия по защите берегов не происходят из-за срывов финансирования и других причин. В 2010 г. приняты федеральная и региональная целевые программы по защите берегов Калининградской области и, в зависимости от степени их реализации, просчитаны разные сценарии развития побережья Калининградской области. По оптимистическому сценарию до 2020 г. средняя скорость отступления берега по области снизится до 0,3 м/год, а потери земель от абразии не превысят 0,4 км<sup>2</sup>; по пессимистическому сценарию - средняя скорость отступления берега превысит 1 м/год, общие потери береговой территории составят около 2,5 км<sup>2</sup>. (Бурнашов, 2011).

Экспедиционные исследования проводились в сотрудничестве с лабораторией гидрологии, геодезии и картографии Института природопользования, территориального развития и градостроительства БФУ им. И. Канта (зав. лабораторией доцент О.В. Басс) и ГКУ КО «Балтберегозащита» (и.о. директора Е.М. Бурнашов). Результаты наших работ будут использоваться этими организациями для обоснования берегозащитных мероприятий.

Работы экспедиции выполнялись в течение 7 рабочих дней, совершено 42 полевых маршрута на участке берега от пос. Янтарный до пос. Сокольники (45 км по береговой линии) (Рис. 1). Выкопано и пробурено 55 шурфов и скважин, из которых отобрано и впоследствии обработано 48 образцов на гранулометрический анализ. Отснято 263 пикета тахеометрической съёмки, 77 точек съёмки DGPS, 7 точек лазерного сканирования. Выполнено более 150 точек маршрутных описаний. Установлен анеморумбометр на базе практик БФУ им. Канта в Рыбном, что поможет получать актуальные данные по ветровому режиму исследуемого участка берега, которые будут использованы при компьютерном моделировании гидродинамических процессов в береговой зоне. Выбранное место установки

анеморумбометра отвечает всем необходимым для этого критериям, в то время как имеющиеся на данный момент метеостанции не могут дать показательных для данного участка результатов.

Формирование рельефа береговой зоны во многом определяется ветро-волновым режимом. Наибольшее разрушение берегов происходит в период действия штормов. Калининградское побережье Балтийского моря, занимая выступающее в море положение, испытывает особенно сильное штормовое воздействие. В течение года, по многолетним гидрометданным, побережье Юго-Восточной Балтики испытывает воздействие 60–65 различных штормов, из них от 5 до 10 раз отмечаются штормы с волнами 3–5 метров. Один раз в 10 лет побережье испытывает воздействие 8–9 балльного волнения (с высотой волн более 5 м, а каждые 20–30 лет наблюдается экстремальный шторм, когда высота волн открытого моря достигает 8 м. Максимум штормов приходится на январь. Среднегодовое максимальные высоты волн наблюдаются зимой и достигают 5 м, (Жиндарев и др., 1998).

Зимой 2013-2014 г сложилась нехарактерная метеорологическая обстановка. Пик штормовой активности пришёлся на конец ноября — начало декабря, после чего до середины февраля установился спокойный волновой режим. В середине января температуры воздуха упали ниже нуля и достигали отметки  $-20^{\circ}$ . Во время экспедиции в районе исследований были редкие для данного региона погодные условия температура была около  $-12^{\circ}$ - $-15^{\circ}$ , ветры в основном восточных румбов, не более 10 м/с. В результате был сформирован устойчивый припай, на момент начала экспедиции его средняя ширина была 10–15 м, к концу достигла 30 м, в отдельных местах превысила 100 м. Береговые уступы также сильно промерзли, покрылись наледями, и на них активно протекали нивационные процессы.

Участники экспедиции выражают глубокую благодарность лицам, помогавшим и способствовавшим проведению экспедиции: сотрудникам Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова — Бредихину А.В., Болысову С.И., Жиндареву Л.А.; сотрудникам БФУ им. И.Канта - Бассу О.В., Цекоевой Ф.К., Харькавому С.Г., Савостиной О.П.; и.о. директора ГКУ КО «Балтберегозащита» Бурнашову Е.М.

## **2. Методика исследований.**

Основным видом работ экспедиции были полевые маршрутные наблюдения, во время которых велись записи в полевых дневниках и фотосъёмка. Во время маршрутов проводилась фиксация положения бровок клифов, тыловых швов пляжей и морского края пляжей (линии уреза) в режиме записи треков с интервалом записи в 1 секунду при помощи ручных GPS/Глонасс навигаторов Garmin, показывающих горизонтальную погрешность 2–3 м. Положение МЭФ, сульфидионных форм и точек описания фиксировались в режиме записи точек GPS. Измерения элементов рельефа и расстояний от реперов до бровок проводились лазерными дальномерами Leica.

Плановая и высотная фиксация природных наблюдений опиралась на планово-высотное обоснование территории исследования. Методика планово-высотного обоснования включала измерения на точках опорной и съёмочной сети с помощью высокоточных способов спутникового позиционирования. В качестве основной точки служил пункт «База» (приемник Trimble 5700, антенна Zephyr Geodetic), относительно которого вторым приемником (Trimble 5700, антенна Zephyr) была развита опорная сеть (пункты Rp1 и Rp2). В режиме статики была разбита съёмочная сеть для тахеометрических съёмок и лазерного сканирования на разных объектах в режиме быстрой статики, в котором были зафиксированы устья скважин и шурфов. В результате использованной методики получены пространственные координаты точек опорной и съёмочной сети с точностью в плане — 2 см, по высоте — 5 см.

В Светлогорской бухте для фиксации пространственного положения абразионного уступа и рельефа пляжей на текущий момент были использованы технологии наземного

лазерного сканирования. Сканирование выполнялось устройством MDL Laser Ace 600P. (Рис. 2). Протяженность полосы сканирования составляла около 3 км, съемка производилась с нескольких станций с небольшим перекрытием. В режимах съемки производилась пространственная фиксация положения берегового уступа и пляжа Светлогорской бухты. После обработки данных сканирования могут быть построены цифровые модели рельефа берега. (Рис. 3) В дальнейшем проведение повторных подобных съёмок позволит с геодезической точностью рассчитать деформации рельефа на отснятых участках и получить количественные данные о скоростях и объёмах перемещаемого материала.

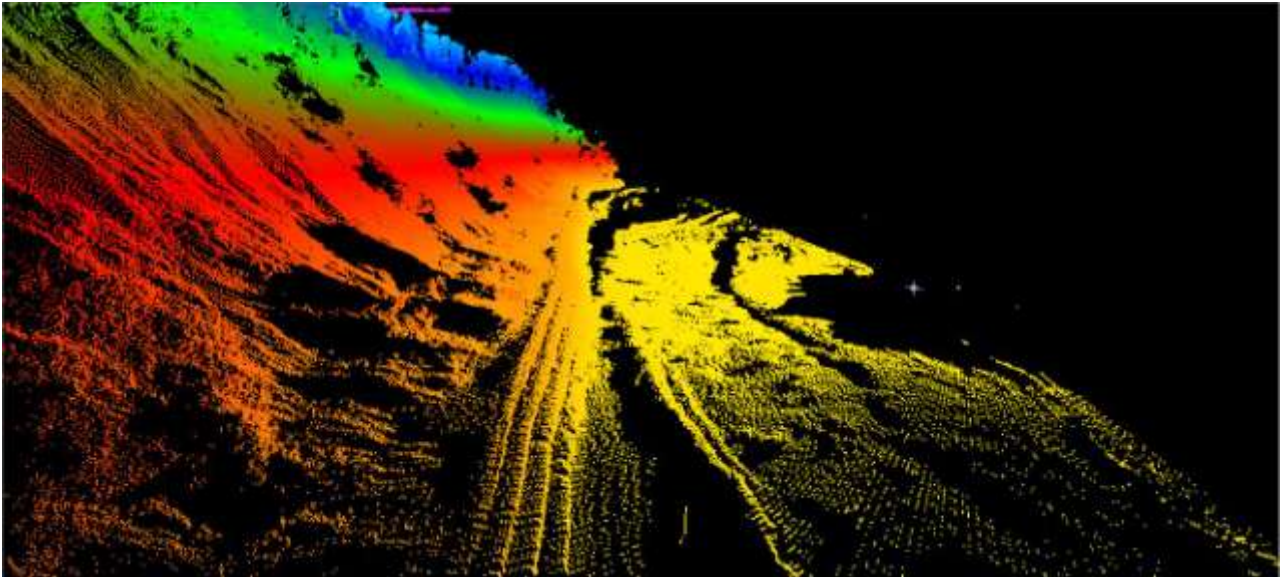


Рис. 3 Облако точек, полученное с помощью лазерного сканера на одном из участков съёмки.

На пляже Светлогорской бухты произведены шурфовые и буровые работы (Рис. 4). Шурфы копались лопатами, мерзлота пробивалась ломом, бурение выполнялось ручным буром. Было заложено 14 профилей, в каждом — по несколько геологических выработок: от 1 до 6 основных (в большинстве случаев 3) и до 5 дополнительных для уточнения границ слоёв (Приложение....). В дальнейшем положение выработок фиксировалось с помощью тахеометрической съёмки и с помощью DGPS. Из геологических выработок отбирались образцы песка на гранулометрический анализ, который проводился в камеральных условиях методом ситования и последующего взвешивания фракций на электронных весах.

В процессе исследований определен наиболее показательный участок абразионного уступа, имеющего сложное геоморфологическое строение (между пос. Донское и м. Таран), в пределах которого заложен стационар для наблюдения за динамикой основных рельефообразующих процессов (эрозионных, суффозионных, оползневых, абразионных). На участке проведена детальная тахеометрическая съемка электронным тахеометром Sokkia SET 650 RX и осуществлена привязка ключевых точек с помощью DGPS. В дальнейшем наблюдения за динамикой рельефа на этом стационаре позволят получить данные о скоростях рельефообразующих процессов. (Рис. 5)

Все полученные с помощью GPS/Глонасс и DGPS навигаторов треки и точки были переведены в слои ГИС-программ MapInfo и ArcGis, где были созданы картографические материалы и проведены расчёты. Данные геодезической лазерной съёмки обрабатываются в программе Cloud viewer.

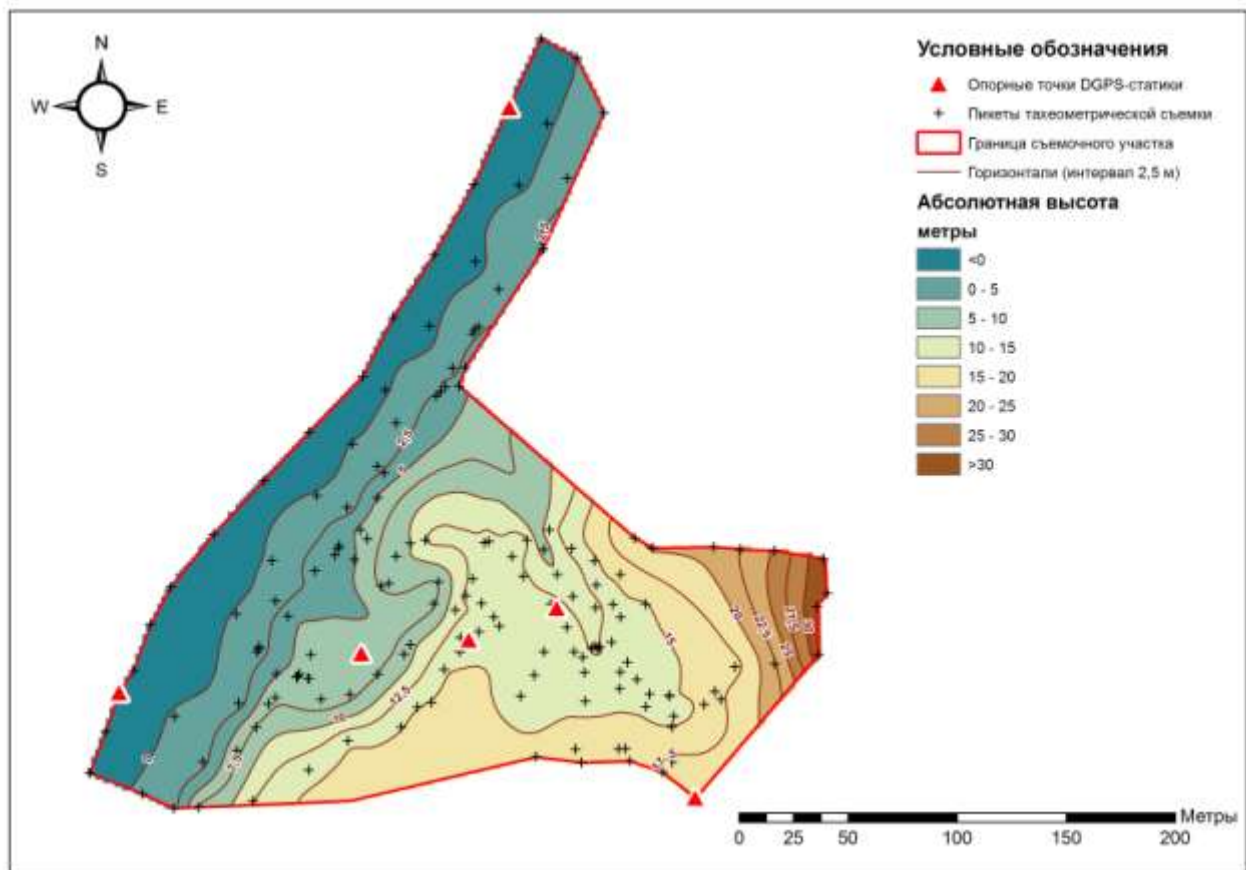


Рис. 5. Схема стационара наблюдений за динамикой рельефообразующих процессов на участке абразионного уступа, имеющем сложное геоморфологическое строение.

### **3. Морфолитодинамика береговой зоны**

Береговая зона северного побережья Калининградского полуострова имеет в целом унаследованный абразионный характер и состоит из трёх основных элементов: подводный береговой склон (ПБС) являющийся абразионной платформой, пляж перекрывающий бенч, и абразионный уступ (АУ). Данное исследование в силу своего формата не затрагивает ПБС, и ограничивается только надводной частью береговой зоны, однако для объяснения некоторых процессов и явлений привлекаются данные батиметрической карты с сечением изобат 1 метр, составленной в Атлантическом отделении института океанологии РАН.

Коренными породами в данном регионе являются слабоустойчивые кайнозойские отложения палеогенового и неогенового возраста, представленные цементированными песчаными, алевритистыми и глинистыми породами. В толщах слагающих АУ преобладают четвертичные образования до 50 м мощностью, представленные валдайской мореной (осташковский горизонт) и лимногляциальными глинистыми и супесчано-суглинистыми отложениями. Встречаются голоценовые морские и эоловые пески. (Рис. 6) (Атлас., 2010). Результатом подобного строения является слабая противоденудационная устойчивость АУ и бенча. Исключением являются плохоразмываемые плотные ледниковые валунные суглинки, особенностями их залегания контролируются контуры береговой линии: мощным толщам морены соответствуют мысы, а в зонах слабого развития морен формируются вогнутости береговой линии - бухты.

Одной из целей экспедиции являлось уточнение схемы морфодинамического зонирования побережья разработанной в ГКУ КО «Балтберегозащита» под руководством В.Л. Болдырева и используемой при разработке берегозащитных мероприятий. (Рис. 7). Работы проводились в пределах выделяемых на этой схеме морфодинамических участков (МДУ) 1 и 2.



Рис. 6. Карта четвертичных отложений северной части Калининградского полуострова.



Рис. 7. Фрагмент схемы морфодинамического зонирования побережья Калининградской области.

Участок 1 от мыса Таран до порта Пионерский имеет протяженность 16 км. На участке наблюдается значительный дефицит песчаных наносов и преобладают процессы разрушения коренного берега и размыва подводного берегового склона. Высота АУ уменьшается с запада на восток от 55 до 30 м. Общая протяженность активных клифов составляет 9,5 км. Протяженность отмирающих и отмерших клифов и составляет 3,3 и 3,2 км. Процесс стабилизации и отмирания клифов обусловлен построенными в основаниях береговых уступов берегозащитными стенками и опоясками, общей протяженностью 4,1 км. В зоне действия берегозащитных сооружений произошла стабилизация АУ, что вызвало еще больший дефицит наносов. Средняя ширина пляжей на всем МДУ составляет 20 м. Средняя скорость отступления бровки АУ составляет 0,19 м/год. (Бурнашов, 2011).

Участок 2 от порта Пионерский до мыса Гвардейский имеет протяженность 4 км. Оградительные сооружения порта защищают подветренную часть берега на западе МДУ протяженностью 400 м от преобладающего северо-западного и западного штормового волнения. Высота клифов уменьшается от 25 м на западе участка до 8 м у м. Гвардейский. Более половины длины МДУ (2150 м) защищено различными видами берегозащитных сооружений. Средняя ширина пляжей на этом участке - 23 м. В восточной, не защищенной части бухты, вплоть до м. Гвардейский происходит активная абразия, общая протяженность активных клифов - до 1,5 км. Средняя скорость отступления бровки АУ составляет 0,28 м/год. (Бурнашов, 2011).

В рамках сотрудничества с ГКУ КО «Балтберегозащита» нашей задачей являлось обоснованное выделение в рамках этих МДУ отдельных подучастков, различающихся морфодинамическими особенностями. Факторами выделения подучастков являются: 1) конфигурация и ориентировка береговой линии и экспозиция подучастка по отношению к преобладающему ветровому волнению (наличие соседних участков блокирующих волнения определённых румбов); 2) рельеф подводного берегового склона; 3) высота и геологическое строение абразионных уступов; 4) наличие и качественное состояние берегозащитных сооружений. В результате комбинации этих факторов возникают различия рельефообразующих процессов на выделяемых участках, что в свою очередь проявляется в различиях в мощностях отложений и литологическом составе пляжей и в скоростях отступления берега. Таким образом на выделяемых подучастках должны применяться различные типы берегозащитных мероприятий.

По результатам проведенных исследований предложено выделить на 1 МДУ 11 подучастков и на 2 МДУ - 4 подучастка (Рис. 8). Детальное описание подучастков приводится в приложении 1.

Второй задачей нашей экспедиции было продолжение ряда мониторинговых наблюдений за отступанием бровки абразионного уступа по реперной сети заложенной ГКУ КО «Балтберегозащита» на северном побережье Калининградского полуострова, начиная

с 1973 г. В 2008 году реперная сеть была сгущена и достигла современного состояния с шагом заложения реперных створов вдоль берега через 500 м. Большая часть реперов представляет собой маркированные металлические трубы забитые в грунт, однако не все репера сохранились к настоящему времени. Последние наблюдения с помощью данной реперной сети проводились в разные годы: на участке берега от м. Таран до пос. Приморье в 2010 г., а на участке от пос. Приморье до м. Купального (порта Пионерский) в 2008 г. Таким образом, данные полученные по результатам наших измерений представляют средние скорости отступления бровки АУ за 6 лет и 4 года соответственно. На составленной карте скоростей отступления бровки АУ для 1 МДУ выделено 3 группы скоростей: 1) Низкая – менее 0,2 м в год; 2) Средняя - 0,2-0,4 м /год; 3) Высокая — более 0,4 м/год. (Рис. 9)

На большей части участка средние скорости отступления бровки АУ соответствуют фоновым; зафиксированные на отдельных реперах высокие скорости соответствуют локально произошедшим оползням и обвалам и не отражают общей картины. Зафиксированы высокие темпы отступления на репере № 149 в Светлогорске — 0,9 м/год, в створе которого подножие АУ укреплено в 2008 г. габионной стенкой, что пока не принесло результата. Выделяются два участка более активно отступающих уступов длиной около 1 км: 1) между м. Таран и пос. Филино - скорости 0,5–0,8 м/год, что превышает фоновые в 3 - 4 раза; 2) в районе пос. Рыбное скорости - 0,3–0,4 м/год, что выше фоновых в 2 раза.

Третьей задачей экспедиции НСО было изучение геоморфологического строения надводной части береговой зоны с помощью ручных GPS/Глонасс навигаторов. Эти работы продолжают серию подобных наблюдений, начатую в мае 2013 г. Результатом является составление детальной геоморфологической карты береговой зоны с помощью ГИС-технологий. Для работ в рамках данной задачи был выбран ключевой участок берега протяженностью 10,6 км от пос. Отрадное до м. Гвардейский. Этот участок является наиболее используемым как в хозяйственных, так и в рекреационных целях - в его пределах находятся два города-курорта Светлогорск и Пионерский; в Пионерском расположены порт и государственная резиденция «Янтарь». Этот участок имеет максимальное распространение берегозащитных сооружений разных периодов постройки, начиная с конца XIX века. Здесь же планируются к реализации наиболее крупные проекты по освоению береговой зоны и развитию курортного района в ближайшие годы.

На данный момент серия наблюдений геоморфологической обстановки в береговой зоне включает в себя 4 периода: май, июнь, ноябрь 2013 г и февраль 2014г. В результате анализа составленной геоморфологической карты выявлены зоны наиболее интенсивной деградации пляжей и размыва подножия абразионного уступа. Данные зоны активно проявились во время зимнего сезона штормов в ноябре-декабре 2013 г., в частности - во время ураганов «Святой Иуда» и «Ксавьер». Предыдущая съёмка положения пляжей была произведена в начале ноября 2013 г, как раз перед началом штормового сезона, однако с середины декабря и до момента наших работ в феврале 2014 г установился спокойный волновой режим, что, вкуче с сезонным минимумом годового хода уровня Балтийского моря, сгонными ветрами и образовавшимся припаем, привело к морфолитодинамическим условиям, благоприятным для аккумуляции пляжевых накоплений в данном районе. Таким образом, нам не удалось зафиксировать положения максимального размыва пляжей, но последствия мощных штормов этой зимы были зафиксированы.

Первая зона размыва подножия АУ находится между Светлогорском и Отрадным в районе санатория «Янтарный берег» и имеет протяженность около 450 м. (Рис. 10) Максимальный размыв локализован на участке длиной 100 м. Здесь отступление тылового шва пляжа достигло 8-9 м. Размыву подверглись обвальнo-осыпные накопления, слагавшие мощные толщи у подножия клифа, также произошел размыв коренного уступа с образованием свежей вертикальной стенки высотой около 3 м. (Рис. 11, 12). Объём размыва материала можно оценить в 2 тыс. м<sup>3</sup>.



Рис. 11. Клиф у санатория «Янтарный берег» 4.11.2013



Рис. 12. Клиф у санатория «Янтарный берег» 1.02.2014

Другой показательный в плане динамики рельефа пляжа участок расположен у подножия Светлогорского променада. Здесь нами наблюдалась аккумуляция пляжевого материала у западной части променада, что является нехарактерным для последних лет (Рис. 13, 14). У восточной части променада пляжевые накопления отсутствовали, как и в предыдущие периоды наблюдений. Такое расположение наносов может являться следствием того, что последнее штормовое волнение происходило с северо-восточных румбов и миграция наносов шла в западном направлении, в результате чего возникло заполнение входящего угла в небольшой вогнутости береговой линии в районе западной части променада, что прослеживается на (Рис. 15).



Рис. 13. Пляж у западной части Светлогорского променада 4.11.2013



Рис. 14. Пляж у западной части Светлогорского променада 1.02.2014

Вторая зона активного размыва абразионного уступа длиной около 500 м выявлена в районе детского лагеря отдыха им. Гайдара. Здесь также полностью размыт обвальнo-осыпной шлейф у подножия клифа высотой 7–8 м. При этом, данный участок является устьевой областью долины реки Светлогорки и характеризуется большой изменчивостью пород, слагающих абразионный уступ, от плотной морены до рыхлых эоловых песков, поэтому на этом участке сформировалась группа абразионных цирков по несколько десятков метров шириной, разделённых моренными выступами. Отступление тылового шва пляжа местами составило 5–6 м, в среднем - 2–3 м. Однако заметного отступления бровки АУ пока не зафиксировано. Очевидно, в ближайшие месяцы следует ожидать активизации денудационных процессов на этом участке клифа и, как следствие, резкого ускорения отступления его бровки. Особенную актуальность придает факт, что непосредственно возле бровки в этом районе расположены строения детских лагерей отдыха. (Рис. 16, 17).





Рис. 16 Клиф у ДОЛ им. Гайдара 4.11.2013

Рис. 17. Клиф у ДОЛ им. Гайдара 1.02.2014

Крупный участок деградации пляжа находится у государственной резиденции «Янтарь», берег которой защищён построенной в 2010 г. набережной, имеющей в основании волноотбойную стенку. (Рис. 18, 19) Длина этого участка составляет 900 м, и он полностью совпадает с протяженностью волноотбойной стенки. На сопредельных участках ширина пляжа за последние годы сильно не изменяется и составляет в среднем 20-25 м. В феврале 2014 г. нами зафиксирована ширина этого пляжа до 18 м на участках вогнутостей набережной и не более 1-2 м на прямолинейных участках, а на протяжении 100 м возле пирса пляж отсутствует полностью. Рис. 20.

С мая 2013 года получены данные по общей площади пляжей на выбранном ключевом участке: май 2013 — 224 тыс. м<sup>2</sup>; июнь 2013 — 199 тыс. м<sup>2</sup>; ноябрь 2013 — 183 тыс. м<sup>2</sup>; февраль 2014 — 246 тыс. м<sup>2</sup>. В зимний период площадь пляжей оказалась большей чем за весь год. Это можно объяснить следующими причинами: 1) в феврале проходил сезонный минимум годового хода уровня Балтийского моря; 2) сложившаяся во время экспедиции метеорологическая обстановка вызвала сгонный минимум уровня (нами наблюдалось проседание припая не менее чем на 30 см); 3) разрастающийся припай блокировал размыв пляжей и способствовал дополнительной аккумуляции наносов, т.к. происходило перемещение наносов с ПБС к урезу. По ходу экспедиции нами наблюдалось приращение к кромке припая и выход над поверхностью воды подводных вдольбереговых валов. Такая картина носила временный характер и при изменении метеорологической обстановки эфемерные формы, связанные с существованием припая, были размывы, а поднявшийся уровень моря (в связи с окончанием сгона и началом весеннего максимума годового хода) затопил морской край пляжа, что привело к уменьшению его площадей.

Четвёртой задачей нашей экспедиции была оценка количества песчаного материала пляжа Светлогорской бухты для оценки современного состояния пляжей в преддверии предполагаемой реализации проекта по намывке пляжей в Светлогорской бухте. Имея подобные данные, можно прогнозировать состояние пляжей после намыва. По существующему проекту предполагается строительство 28 свайных бун длиной по 150 м и с шагом в 150 м и заполнение межбунных карманов крупнозернистым песком до ширины пляжа в 70 м (Рис. 21), а также строительство пирса длиной 300 м.

Светлогорская бухта естественным образом ограничена Отрадненским выступом с запада и мысом маяка Западный с востока. На западном крыле бухты вдоль противооползневой опояски у Отрадного в последние десятилетия пляжи имеют ширину в первые метры либо отсутствуют полностью. Таким образом, западной границей Светлогорского пляжа нами определено устье реки Отрадной (бухта Отрадненская). В обозначенных пределах по геоморфологическому строению пляжа нами выделено 20 участков (Рис. 22). Из них на 5 участках песчаный пляж практически отсутствует и замещается валунно-галечной отмосткой, которая является не аккумулятивной а денудационной формой. Общая длина песчаного пляжа составляет 3230 м, валунно-галечной отмостки - 1230 м, т. е. в Светлогорской бухте протяженность участков деградировавшего пляжа равна 27 %. Средняя ширина пляжей составляет 30,7 м, а общая площадь

99,3 тыс. кв.м., но это завышенные нехарактерные показатели. На выделенных участках в характерных точках нами заложено 14 шурфовых и буровых профилей и составлены разрезы геологического строения пляжа (Прил. 2.), определена мощность пляжевых отложений для каждого участка и рассчитан объём наносов (Табл. 1). Общий объём материала пляжа Светлогорской бухты вычислен в количестве 81,7 тыс. м<sup>3</sup>. Максимальная обнаруженная мощность пляжевых отложений составила 2,3 м, средняя по всей бухте - 0,8 м. На значительной площади пляжей мощность не превышает 0,5 м. Таким образом, пляжи находятся в крайне деградированном состоянии и в значительной степени представляют собой бенч, слегка перекрытый наносами.

№ участка	С пляжем								Гран. состав песка %			Без пляжа	
	Длина (м)	Ср. ширина (м)	ширина аккумуля.	средн. мощн.	площ. Сеч	Объём куб. м.	Выс. пляжа (м)	Профиль	К/З	С/З	М/З	№	м
1	150	27	13	0,4	5,2	780	3	Отр-3	50	50		4	180
2	110	29	15	0,5	7,5	825	3	Отр-2	30	50	20	5	60
3	175	20	20	0,45	9	1575	2,7	Отр-1	60	40		11	285
6	205	23	23	1,65	37,95	7779,75	1,4	Св-6	55	45		12	275
7	170	29	29	1	29	4930	2,6	Св-5	45	55		13	430
8	115	39	39	1,1	42,9	4933,5	2,6	Св-4	25	65	10	Всего	1230
9	155	20	20	1,45	29	4495	0,8						
10	195	42	42	1,25	52,5	10237,5	1,2	Св-3	30	65	5		
14	120	27	27	0,25	6,75	810	2,1	Св-2	35	65			
15	520	27	27	0,75	20,25	5265	2,2	Св-1	40	50	10	Итого (м)	4460
			27	0,6	16,2	4212	2,6	Св-7	15	80	5	%	
16	160	26	17	0,25	4,25	680	2,5	Св-8	30	70		Без пляжа	27,6
17	180	42	42	1,35	56,7	10206	2,2					С пляжем	72,4
18	255	34	34	0,6	20,4	5202	2,7	Св-9	60	40			
19	490	36	36	0,5	18	8820	2,2	Св-11	80	20			
20	230	34	34	1,4	47,6	10948	2,2	Св-10	90	10			
Всего	3230	30,7		0,83		81699			46,1	50,4	3,6		

Табл. 1. Характеристики участков пляжа Светлогорской бухты

Дополнительной задачей являлось определение гранулометрического состава песчаных отложений пляжа, для чего отобрано и обработано 48 образцов из разных песчаных слоев по всем разрезам. (Прил. 3). Проведенный анализ показал, что средние соотношения в песках таково: крупнозернистый (к/з) - 46,1%, среднезернистый (с/з) - 50,4%, мелкозернистый (м/з) - 3,6%. По отдельным профилям наблюдаются следующие закономерности: содержание м/з песка, которое говорит о недавнем поступлении материала с абразионного уступа, велико на тех участках, где нами выделены зоны свежего размыва клифа. Преобладание к/з песка характерно для восточного крыла бухты, на который приходится большая гидродинамическая нагрузка от преобладающих волнений западных и северо-западных румбов, при этом там наблюдаются наиболее широкие и стабильные во времени пляжи, но более высокие скорости отступления бровки АУ.

Анализ геолого-геоморфологических профилей пляжа Светлогорской бухты позволил провести их типизацию. Были выделены 3 основных и 1 переходный тип (Табл. 2).

Типы	Мощность морских отложений голоценового возраста	Профили
I. Бенч	< 0,5 м	ОТР-1, ОТР-3, СВ-2, СВ-8
II. Переходный	в тыловой части ≈ 0,5 м, в мористой части 1,25 м	СВ-1
III. Редуцированный пляж на палеогеновом цоколе	0,5-1 м	ОТР-2, СВ-7, СВ-9, СВ-11
IV. Пляж	1-1,5 м	СВ-3, СВ-4, СВ-5, СВ-6, СВ-10

Таблица 2. Геолого-геоморфологическая типизация пляжа Светлогорской бухты

Как видно из таблицы, основанием для такой типизации послужила мощность современных морских наносов. Пляжи 1-го типа, имеющие наименьшую мощность морских отложений  $Q_4$ , являются, по сути, бенчами и встречаются на разных участках Светлогорской бухты. К переходному типу можно отнести только 1 профиль, на котором четко видно ступеньку в кровле доголоценовых отложений. На верхней ступени современные морские осадки залегают на кровле позднеплейстоценовой морены, и их мощность составляет 0,5-0,6 м. А ниже по этому профилю морские пески  $Q_4$  лежат уже непосредственно на палеогеновых песках, кровля которых находится на значительно большей глубине – 1,25 м. 3-й тип – редуцированные (или деградировавшие) пляжи – также имеют небольшую мощность современных морских отложений, причем еще одной объединяющей их особенностью является то, что все они подстилаются песками палеогенового возраста. Такие пляжи встречаются в основном в восточной части Светлогорской бухты и в районе пос. Рыбное. Последний 4-й тип представлен нормальными пляжами с мощностью морских голоценовых песков от 1 до 1,5 м (иногда чуть больше). 4 из 5 пляжей этого типа сосредоточены в районе светлогорского променада, где в этом сезоне произошел значительный намыв пляжевых наносов. В западной части Светлогорской бухты выделяют небольшую Отраденскую бухту. Следует отметить, что сделанные в ней профили ОТП-1, ОТП-2 и ОТП-3 имеют некоторую специфику в геологическом строении – поскольку береговой уступ в этом месте прорезает погребенную долину, то современные пляжевые осадки подстилаются здесь аллювиальными песками холодных эпох позднего плейстоцена.

#### **4. Участие неволновых процессов в рельефообразовании береговой зоны и приблизительная оценка их вклада в бюджет наносов.**

Наряду с достаточно активным развитием собственно абразии, для берегов Калининградского полуострова характерны переработка и расчленение берегового уступа комплексом неволновых процессов (гравитационных, эрозионно-аккумулятивных, суффозионных, эоловых и т.д.). С активностью этих процессов связано формирование и развитие различных форм рельефа, осложняющих береговой уступ, зачастую сложного комплексного генезиса. Они представлены различающимися по морфологии оползнями, оплывинами, осовами, обвально-осыпными формами, флювиальными формами различного размера от небольших промоин до относительно хорошо разработанных террасированных долин малых рек, дюнами и котловинами выдувания, суффозионными просадками и тоннелями и многочисленными комплексными переходными формами. В частности, в ходе полевых работ нашей экспедиции нами были описаны (по-видимому, впервые, поскольку найти подобные интерпретации в опубликованных ранее работах нам не удалось) отрицательные формы рельефа, условно названные нами «ложки», образованные, согласно выдвинутому нами предположению, в результате взаимодействия суффозионных, оплывно-оползневых, эрозионных, а также, вероятно, эоловых и нивальных процессов. Морфологически отличают их от нормальных малых эрозионных форм (МЭФ) – оврагов – существенно меньшие длины при гораздо больших уклонах продольного профиля и отсутствии естественного водосборного понижения выше бровки клифа. Ведущая роль суффозионных процессов в образовании этих форм подтверждается тем, что их положение на береговом уступе соответствует положению суффозионных просадочных образований на поверхности прибрежной равнины выше бровки клифа. По-видимому, для подтверждения нашей гипотезы о происхождении этих форм необходимо более детальное исследование, которое позволило бы выявить аналогичные формы, находящиеся на разных стадиях развития.

Для берега, сложенного песком, характерны обвально-осыпные обрушения и осывы. Обвалы чаще всего распространены в верхней части берегового склона и связаны с развитием овражно-балочной сети. Берег, сложенный глинистыми грунтами, подвержен преимущественно оползневой деформации. Особенно широкое распространение оползни

получили на северном побережье Калининградского полуострова, а на западном – отмечены лишь отдельные оползневые участки, например, между пос. Донской и мысом Таран. Формы комплексного происхождения различных размеров и морфологии встречаются практически повсеместно. Можно предположить, что ведущую роль в их развитии играет суффозия, а эрозионные процессы вступают в действие на стадии образования открытой отрицательной формы рельефа. На участках широкого развития перечисленных процессов у подножья клифа отмечаются аккумулятивные тела различного генезиса, включая оползневые и обвальнo-осыпные накопления, делювиально-пролювиальные конусы и шлейфы, выносы материала из суффозионных тоннелей и др., которые состоят из того же материала, что и береговой уступ. Эти отложения размываются штормами, поставляя материал на подводный береговой склон (Балаян, 1979, 1990).

Сеть постоянных водотоков морского побережья Калининградской области на участке от г. Балтийска до Куршской косы составляет около 20 малых рек и ручьев. По своему режиму реки юго-восточной части Балтийского моря относятся к типу равнинных с медленным течением и преобладанием различных подтипов меандрирующего морфодинамического типа русла. По гидрологическому режиму они относятся к паводковому типу с весенним половодьем, летними, осенними и зимними паводками. Реки имеют смешанное питание – снеговое и дождевое. Летние паводки вызываются обложными дождями со значительным количеством осадков. В холодную половину года в формировании речных паводков участвуют талые воды в период оттепелей и дождевые воды. Основная доля стока, тем не менее, приходится на талые снеговые воды (Бурнашов, 2011). В то же время, дождевые паводки, накладываясь на обильное снеготаяние, могут вызывать активное развитие эрозионных процессов на береговом уступе с образованием глубоких (до 30 м оврагов). Наибольшая плотность оврагов отмечается на северном побережье Калининградского полуострова.

В силу ничтожных объемов твердого стока (Табл. 3), в пополнении пляжа наносами перечисленные малые реки и ручьи практически не участвуют. Только в районе приустьевых участков рек Аллейка, Забава, Светлогорка, Отрадненка и Мотыль их устьевые конуса выноса способствуют образованию широких до 40-50 м пляжи протяженностью 100-200 м. Кроме названных рек, существуют многочисленные ручьи, которые впадают в море по глубоким оврагам и балкам. Они протекают, в основном, в более высокой части побережья Калининградского полуострова и имеют узкие долины с глубиной вреза 15-30 м. В результате подмыва бортов они активизируют старые и способствуют возникновению новых крупных оползней (Балаян, 1979, 1990). В то же время, необходимо отметить, что гранулометрический состав материала, слагающего прибрежную равнину и обнажающегося на береговом склоне, разнороден, и не более 30% его имеет достаточную крупность для того, чтобы оставаться в зоне пляжа, тогда как большая часть выносится на подводный береговой склон (Басс, Жиндарев, 2007).

№ п/п	Наименование водотока	Местоположение	Годового сток, м <sup>3</sup>	Годовой твердый сток, м <sup>3</sup>
10	Ручей	Восточнее м. Таран	0,4 млн. м <sup>3</sup>	1
11	р. Зеленая	п. Филино	5,3 млн. м <sup>3</sup>	25
12	Ручей	п. Приморье	0,3 млн. м <sup>3</sup>	1
13	Канал, ручей	п. Лесное	0,2 млн. м <sup>3</sup>	0,7
14	р. Отрадненка	п. Отрадное	1,5 млн. м <sup>3</sup>	5
15	р. Светлогорка	Восточная окраина г. Светлогорск	3,2 млн. м <sup>3</sup>	20
16	р. Чистая	г. Пионерский	3,2 млн. м <sup>3</sup>	15
17	р. Мотыль	Восточная окраина г. Пионерский	1,8 млн. м <sup>3</sup>	7
18	р. Спокойная	п. Заостровье	1,7 млн. м <sup>3</sup>	5
19	р. Забава	п. Куликово	11,7 млн. м <sup>3</sup>	70
20	р. Аллейка	п. Куликово (ветропарк)	14,8 млн. м <sup>3</sup>	100
21	р. Медвежья	п. Прибой	5,8 млн. м <sup>3</sup>	30

	Итого на северном побережье		279,7
	Всего		285

Таблица 3. Годовой твердый сток водотоков северного побережья Калининградского полуострова (Берникова и др., 2004)

Основные маршруты экспедиции проходили на участках от пос. Янтарного до мыса Таран и от мыса Таран до мыса Гвардейского, изучая, в частности, состояние рельефа прибрежной части ледниково-водноледниковой равнины и берегового уступа. На участке от пос. Янтарного до мыса Таран, примерно в 300 м от пос. Бакалино на прибрежной поверхности были обнаружены трещины бокового отпора, имеющие ширину 1-2 м, длину около 50 м и глубину до 0,5 м. Они расположены в 5-10 м от бровки берегового уступа и тянутся параллельно последней на большей части ее протяженности. Некоторые из них представляют собой контуры наметившихся оползней. Также был обнаружен ряд суффозионных просянок, находящихся на расстоянии 20-30 м друг от друга (очевидно, их взаиморасположение отражает закономерности выхода грунтовых вод, вскрывающихся ниже на клифе). Диаметр этих замкнутых понижений составляет 6-9 м, глубина до 2-4 м. Наряду с суффозионными просянками, встречаются милитаригенные формы – воронки от бомб, сходные по морфологии и параметрам, но с более крутыми (до 15°) склонами. Они имеют круглую форму в плане, диаметр до 4 м и глубину до 1,5-2 м. Отличить их от суффозионных воронок, помимо морфометрии, можно по наличию вдоль бровки воронки более или менее четко выраженного вала, сложенного выброшенным из воронки при взрыве материалом, а также по тому факту, что часть из них была заполнена водой. На изучаемой территории расположен Бакалинский овраг. В устьевой части оврага глубина составляет около 20 м, а ширина по бровкам достигает 10 м. Овраг U-образный в плане, в его тальвеге наблюдается выход грунтовых вод, дающий начало ручью Бакалинскому. Крутизна стенки его вершинного перепада составляет 10-15°, высота 1,2 м. В плане вершина имеет циркообразные очертания.

При изучении участка от мыса Таран до города Светлогорска было обнаружено достаточно большое количество малых эрозионных форм (МЭФ), в основном представленных небольшими оврагами, а также более часто встречающиеся описанные выше ложки комплексного генезиса. Овраги, как правило, имеют V-образный поперечный профиль, их длина колеблется от 10 до 200 м, ширина по днищу может составлять от 1 до 20 м, по бровкам – от 4 до 20 м, склоны, в основном, крутизной 40-60 градусов, но встречаются и отвесные. Овраги преимущественно неактивные, переходящие в стадию лога (из десяти изученных на данном участке оврагов только два были признаны растущими). Отмечены также два крупных лога с U-образным поперечным профилем, ширина которых по днищу составляет 15 и 20 м соответственно, а по бровкам – 40 и 50 м. Они имеют борта высотой до 20-30 м и крутизной 25-30°. МЭФ более низкого ранга представлены многочисленными промоинами длиной до 10 м, шириной и глубиной до 0,5–1 м, расчленяющими оползневые тела и аккумулятивные шлейфы комплексного происхождения в нижней части берегового уступа. Зачастую, они приурочены к выходам грунтовых вод из суффозионных тоннелей. В целом можно сказать, что собственно эрозионные формы на данном участке имеют подчиненное значение и не могут быть активными поставщиками материала на пляж ввиду их стабильности. Гораздо большую роль, по нашему мнению, играют ложки комплексного происхождения с преобладанием суффозионных и оплывно-оползневых процессов, расчленяющие активный береговой уступ. Однако, для подтверждения их генезиса и уточнения динамики и вклада в бюджет наносов береговой зоны необходимо продолжение исследований, в частности с использованием таких новейших методов, как наземное лазерное сканирование, для точной оценки объемов сноса из этих форм материала.

Во время обследования участка к востоку от города Светлогорска до мыса Гвардейский было обнаружено меньшее количество МЭФ, а именно – три оврага и две промоины глубиной менее 1 м. Овраг, расположенный у порта Пионерский, был детально описан (Рис. 22). Данный овраг имеет длину 400-450 м, превышение вершины над устьем

составляет 35-50 м, профиль невыработанный, с чередованием выпуклых и вогнутых участков, однако активного углубления оврага не наблюдается. Вершина оврага перегорожена дорожной насыпью, под которой проложен дюкер. В привершинной части овраг имеет корытообразный поперечный профиль, глубину 2-3 м, ширину по днищу 4 м и по бровкам 12 м и одинаковую крутизну бортов – около 30°. В среднем течении поперечный профиль приобретает U-образные очертания и утрачивает симметричность строения – крутизна правого борта здесь достигает 30°, а левого не превышает 25°. Ширина по бровкам – 20-25 м, по днищу – 5-6 м, глубина до 10 м. В устьевой части поперечный профиль становится V-образным, ширина по бровкам составляет 50-70 м, по днищу 5 м, глубина 25-30 м, крутизна правого борта до 45°, левого около 30°.

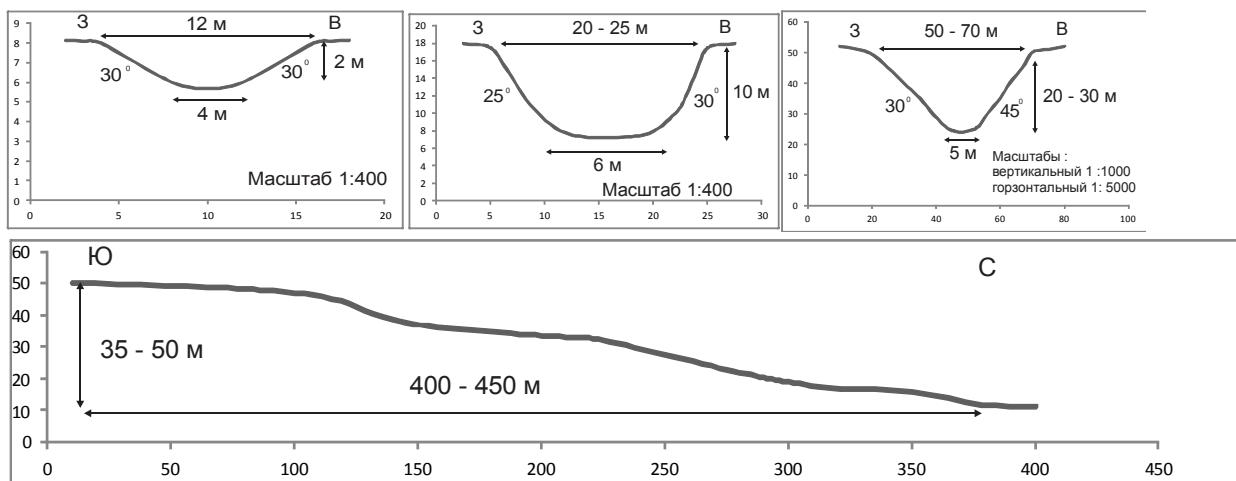


Рис. 22. Продольный и поперечные профили оврага у порта Пионерский.

Из речных долин наиболее подробно нами была описана приустьевая часть долины реки Светлогорки, которая на данном участке формирует несколько крутых излучин. Было выявлено наличие низкой поймы и первой надпойменной террасы. Размыва берегов не было обнаружено. Долина имеет сложное строение из-за заметного меандрирования реки, поперечный профиль корытообразный, ширина по бровкам 75-90 м, по днищу 20-25 м, глубина до 15-20 м. Строение долины асимметричное: правый борт имеет крутизну до 20°, левый – 30-40°. Строение долины реки Чистой, расположенной восточнее, аналогично вышеописанному. Ширина этой долины по бровкам составляет 95-110м, по днищу 25-35 м. (Рис. 23).

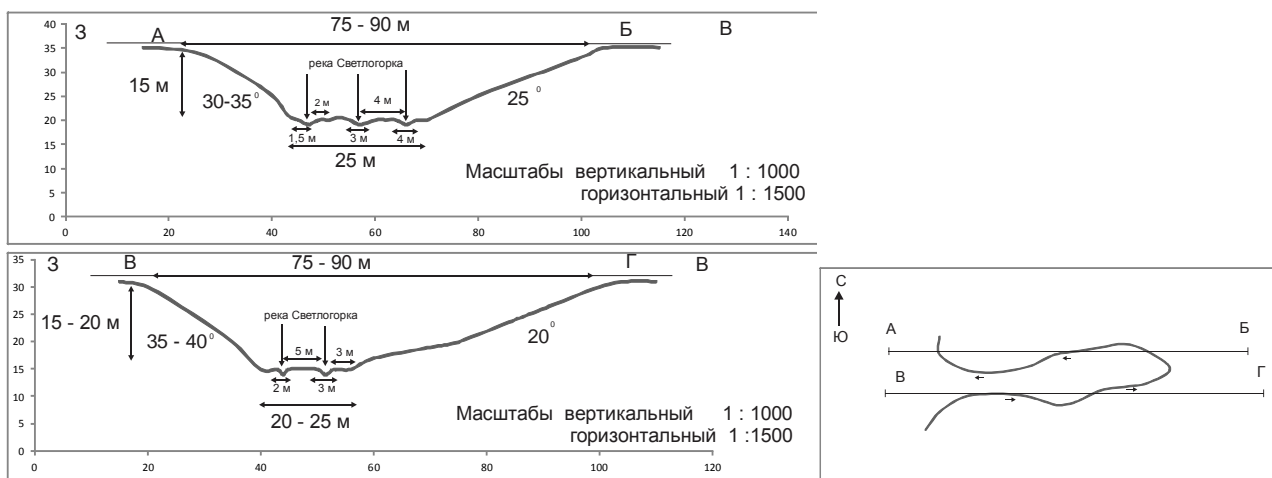


Рис. 23. Поперечные профили долины р.Светлогорки по линии А-Б и В-Г и схема строения русла в плане

В пределах описанных участков прибрежной части прибрежной равнины встречались ложбиноподобные понижения, открытые в сторону клифа. Эти понижения, в основном, циркообразной в плане формы, их диаметр колеблется от 15 до 40 м, глубина составляет от 2 до 8 м. Генезис этих форм сложный, вероятнее всего, они – полигенетические: нивальные, оползневые, суффозионные и эрозионные формы («НОСЭФ»). Можно предположить, что образование этих форм взаимосвязано с близкими по комплексности своего происхождения ложками, расчленяющими активную поверхность берегового уступа на участках развития суффозионных и оползневых процессов. Можно предположить, что ложбиноподобные формы («НОСЭФ») представляют собой начальную стадию развития и трансформируются в ложки с коротким и очень крутым продольным профилем и оголенными бортами и днищем, активно перерабатываемым оплывно-оползневыми и эрозионными процессами, по мере отступления бровки клифа и «вскрытия» кровли суффозионных туннелей, закладывающих основу для этих комплексных форм переработки берегового уступа.

По результатам наших работ был составлен реестр форм переработки берегового уступа эрозионного, флювиального, оползневого, суффозионного и комплексного генезиса исследуемого региона (Прил. 4)

## **5. Эффективность берегозащитных мероприятий и рекомендации по их оптимизации**

На изучаемом нами берегу построено большое количество берегозащитных и гидротехнических сооружений. Самым крупным из них является порт Пионерский он огорожен двумя защитными молами. Северный мол начинается от мыса Купальный и имеет простираемое параллельное береговой линии на западном крыле мыса, т.е по своей форме он является продолжением берега и не препятствует вдольбереговому перемещению наносов в восточном направлении. Его окончание расположено на глубинах около 5 м, в зоне наиболее интенсивного движения наносов на подводном береговом склоне, таким образом, поток наносов может огибать его в случае благоприятной гидродинамической обстановки, что вероятно и происходит, так как известной канал порта заполняется наносами, что препятствует судоходству. Западный мол расположен субперпендикулярно к береговой линии и в образованном им входящем угле расположен наиболее широкий пляж на северном побережье Калининградского полуострова (90 м на момент наших измерений). Защитное влияние порта от волнений западных румбов прослеживается к востоку от него на участке 700 м, средняя ширина пляжей в этой зоне превышает 50 м, а далее к востоку резко сокращается до 20-25м.

На данном побережье имеются берегозащитные сооружения продольного и поперечного типов. К поперечному типу относятся многочисленные бунны, построенные в основном 1920-х годах. Эффективность их действия оказалась невысока и отступление береговой линии продолжилось, в результате чего корневые части бун оказались оторваны от подножия АУ и бунны окончательно перестали работать, что подтверждается нашими наблюдениями: никаких существенных накоплений пляжевого материала у бун не зафиксировано.

Сооружения продольного типа представлены пассивными и активными конструкциями. Функции пассивных конструкций - укреплять основание АУ и принимать на себя гидродинамические нагрузки прибойного потока. К таким конструкциям относятся: волноотбойные стенки, противооползневые опояски и габионные стенки. Волноотбойные стенки построены преимущественно в основаниях променадов и набережных в Светлогорске и Пионерском. Как видно на составленной нами геоморфологической карте, вдоль этих конструкций пляж почти полностью размывает, в следствие возникающего в период штормовых нагонов волноотбойного эффекта от этих конструкций, что приводит к возрастанию гидродинамического напряжения на поверхностях пляжа и подводного берегового склона перед ними и выносу наносов на большие глубины или сопредельные участки берега. Такой же эффект имеют и возводимые с 2007-2008 года габионные стенки ступенчатого профиля,

однако эти сооружения ещё менее эффективны, т. к. легко разрушаются под действием штормового волнения и требуют постоянного ремонта. Кроме того в результате их возведения уменьшилось количество рыхлого материала поступающего на пляж с абразионного уступа, что привело к резкому сокращению ширины пляжей у габионных стенок. Так, например, к востоку от светлогорского променада (в створе репера 151) пляж имевший ширину 30 м до возведения габионной стенки в 2008 г. теперь имеет ширину не более 10 м. (В феврале 2014 г. – 6 м, не пляжа, а валунно-галечной отмостки). Основные противооползневые пояски построены в 1970 годах. Были и более ранние – на мысе Таран и в районе пос. Лесное, однако, они к настоящему времени полностью разрушены. На западном крыле светлогорской бухты, в районе пос. Отрадное сооружены 2 таких пояски: западная длиной 900 м сохранилась лучше и пока что выполняет свои функции, разрушено только 80 м в её центре, отмерший клиф над ней стабилен и покрыт лесом. Восточная изначально имела длину более 400 м, в настоящий момент 300 м. Кроме того, клиф за ней продолжает отступать и его подножие отошло от пояски на расстояние от 2 м до 12 м. Нами зафиксировано обрушение двух участков этой пояски с ноября 2013 г. На восточном её краю разрушено ещё 10 м, а возле западной оконечности образовался пролом шириной 20 м, отрезав участок конструкции в 26 м. Этот участок совпадает с выделенной нами зоной свежего размыва клифа.

Активные берегозащитные сооружения имеют предназначение не только гасить волновую энергию, но и удерживать и накапливать наносы. Создавая таким образом дополнительную защиту берега. В Светлогорской бухте сооружения такого типа построены только на восточном крыле. Это две экспериментальных конструкции - свайно-шинные бермы разных комбинированных типов, длиной около 200 м каждая. Западная из них у ДОЛ «Огонёк» хоть и не полностью, но вполне удачно защищает клиф, его отступление на сопредельных участках достигает 15 м. Восточная, у базы практик БФУ, также работает достаточно успешно – она почти полностью перекрыта наносами, что свидетельствует о выполнении ею своих функций. К востоку от неё начинается выделенный по данным наблюдений реперной сети участок активного отступления клифа, а за этой бермой клиф практически стабилен.

В Пионерской бухте в 2001-2003 годах сооружен променад протяжённостью 550 м, установленный на полупроницаемых волноломах расположенных поверх горизонтальной трёхрядной свайно-шинной бермы. Эта конструкция также представляется достаточно удачной, и хотя в её восточной части перед ней пляж достаточно узок и динамичен (его ширина меняется от 0 до 15 м во времени и пространстве), внутри самой конструкции и за ней отмечается накопление песчаных наносов.

По итогам работ нашей экспедиции мы можем предложить следующие рекомендации по повышению эффективности берегозащитных мероприятий:

- 1) Не застраивать территории примыкающие к бровке абразионного уступа, в том числе и отмершего, как это происходит сейчас в Светлогорске (новый жилой многоэтажный комплекс в 2013 г. возведен в 30-40 м от бровки клифа).
- 2) На участках развития оползневых процессов производить дренаж склонов и возводить подпорные стенки
- 3) Т.к. нами выявлено ранее не описанное для этого региона активное участие суффозионных процессов в разрушении берегового уступа, то для разработки мер по борьбе с суффозией необходимо проводить дополнительные научные исследования.
- 4) В случае реализации проекта по намывке пляжей в Светлогорской бухте – не возводить на поверхности пляжа никаких сооружений, а оставить его свободным для выполнения его берегозащитных функций. Кроме того, при детальном изучении проекта строительства бун и запланированных мощностей пляжа можно обнаружить недостатки этого проекта и спрогнозировать активное вымывание наносов из межбунных карманов и распределение его по сопредельным участкам берега и вынос на большие глубины, в связи с чем, потребуется регулярная подсыпка песка.



- 5) Для наиболее эффективной защиты берега от размыва и сохранения естественных пляжей рекомендуем заменить существующие волноотбойные и габионные стенки на полупроницаемые активные сооружения новых типов.
- 6) Для правильного планирования берегозащитных мероприятий обязательно проведение полноценных научных исследований и мониторинга береговой зоны в непрерывном режиме.

## 5. Заключение

В итоге работ нашей экспедиции получены следующие результаты и выводы:

1) Детализирована и уточнена схема морфодинамического зонирования берега на участок от м. Таран до м. Гвардейский. В пределах ранее выделявшихся морфодинамических участков 1 и 2 выделено, соответственно, 11 и 4 морфодинамических подучастков.

2) Продолжен ряд мониторинговых наблюдений за скоростями отступления бровки абразионного уступа с помощью реперной сети. Получены современные данные об этих скростях и выделено 2 участка наиболее интенсивно отступающего берега.

3) Составлена детальная геоморфологическая карта береговой зоны на ключевой участок от пос. Отрадное до м. Гвардейский с её помощью выявлено 2 зоны размыва клифов в сезон штормов 2013-2014; определены участки деградации пляжей вдоль продольных берегозащитных конструкций создающих волноотбойный эффект; посчитаны площади пляжей на период измерений, что продолжило ряд наблюдений за этим параметром.

4) Детально изучено геолого-геоморфологическое строение пляжа Светлогорской бухты, что позволило: определить мощность аккумулятивной толщи пляжа; выделить 4 типа строения пляжа и зонировать пляж по такому признаку; определить гранулометрический состав песчаного материала пляжа; подсчитать общий объём наносов, который составил 81,7 тыс. м<sup>3</sup>, что является крайне низким показателем и свидетельствует о высокой степени деградации пляжей.

5) Составлен реестр форм переработки берегового уступа эрозионного, флювиального, оползневого, суффозионного и комплексного генезиса исследуемого района, в котором определены основные их характеристики и дана географическая привязка.

6) Сделан вывод о сравнительно малом вкладе эрозионных процессов в бюджет наносов береговой зоны ввиду выработанности продольных профилей этих форм и отсутствием в их тальвегах вертикальных деформаций говорящих об активной эрозионной работе.

7) Впервые в этом районе описаны отрицательные формы рельефа имеющие сложное комплексное происхождение с преобладающей ролью суффозионных процессов.

8) Заложенный стационар и проведенное геодезическое лазерное сканирование позволят получать количественные данные о скоростях рельефообразующих процессов и объёмах перемещаемого материала в береговой зоне.

9) Установленный анеморумбометр позволит получать актуальные данные о ветровом режиме исследуемого района, которые можно применять для моделирования гидродинамических рельефообразующих процессов.

10) Оценена эффективность существующих берегозащитных сооружений и мероприятий и даны рекомендации по их оптимизации.

### Список литературы:

- 1) Атлас геологических и эколого-геологических карт Российского сектора Балтийского моря/ Гл. ред. О.В. Петров -Спб.: ВСЕГЕИ, 2010, 78с.
- 2) Балаян Б.М. О роли размываемых берегов как источника сноса обломочного материала в юго-восточной части Балтики // Океанология. 1990. Т. 30, Вып. 6. 1990. С. 973-977.
- 3) Басс О.В., Жиндарев Л.А. Техногенез в береговой зоне песчаных побережий внутренних море (ст. 1. Воздействие горнотехнической деятельности на морфодинамику береговой зоны юго-восточной Балтики) // Геоморфология. 2007. № 4. С. 17-24.
- 4) Берникова Т.А., Андриенко М.Н., Шибаева М.В., Шкицкий В.А. Изучение нагрузки на Балтийское море, Вислинский (Калининградский) и Куршский заливы от малых рек Калининградской области // История океанографии: Материалы 17 международного конгресса по истории океанографии: Ч.2, - Калининград: Изд-во КГУ, 2004, С.396-401.
- 5) Бурнашов Е.М. Современная динамика и экологическое состояние морского берега Калининградской области. Дисс... канд. геогр. наук. Калининградский Государственный Технический Университет, Барнаул, 2011. 205 с.
- 6) Жиндарев Л.А., Хабидов А.Ш., Тризно А.К. Динамика песчаных берегов морей и внутренних водоемов // Под ред. д.г.н. П.А.Каплина. Новосибирск: Наука, 1998. 271 с.
- 7) Отчет отдела по мониторингу ГУ КО «Балтберегозащита» за 2008 г., Светлогорск -2008, 273 с.