

На правах рукописи

**Крыленко Вячеслав Владимирович**

**ПРИРОДНЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ,  
ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЭВОЛЮЦИЮ АНАПСКОЙ ПЕРЕСЫПИ**

Специальность: 25.00.28 – Океанология

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

**Геленджик – 2011**

Работа выполнена в Южном отделении Учреждения Российской Академии наук Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (г. Геленджик)

**Научный руководитель:** доктор географических наук, профессор  
Рубен Дереникович Косьян

**Официальные  
оппоненты:** доктор географических наук, профессор  
Игнатов Евгений Иванович,  
Географический факультет МГУ  
им. М.В. Ломоносова  
кандидат физико-математических наук  
Григорьев Александр Валентинович,  
Федеральное государственное учреждение  
Государственный океанографический  
институт им. Н.Н. Зубова, г. Москва

**Ведущая организация:** Учреждение Российской Академии наук  
Институт водных проблем РАН, г. Москва

Защита состоится «6» декабря 2011 года в 12<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 002.239.02 при Учреждении Российской академии наук Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН по адресу: 117997, г. Москва, Нахимовский пр., д. 36

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2011 года

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат физ.-мат. наук

А.И. Гинзбург

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы

Береговые аккумулятивные формы широко распространены на морских берегах. Они различаются историей тектонико-геологического развития, подвержены воздействию разных гидродинамических и климатических факторов. Соотношение этих условий и факторов может отличаться даже в пределах одного бассейна или региона. Естественно, в разных условиях формируются разные по морфологическому облику и протекающим гидро-литодинамическим процессам аккумулятивные формы. Ярким примером является Анапская пересыпь, расположенная в северо-западной части российского побережья Черного моря.

Материалы проведенных ранее исследований расширили представления об эволюции литодинамической системы Анапской пересыпи. Тем не менее, несмотря на большой объем информации, взаимосвязи и динамика отдельных элементов этой литодинамической системы рассмотрены недостаточно детально. Большой временной разрыв в проведении исследований, различная их методика и направленность затрудняют выявление происходящих изменений и оценку значимости природных и антропогенных факторов в этих изменениях.

Назрела необходимость проведения исследования основных процессов, определяющих динамику пересыпи, и оценки существующего состояния всех компонентов экосистемы пересыпи. Второй аспект даже более важен, так как оценить комплексное влияние всех действующих процессов (соответственно, оценить вклад каждого из них) можно только выявлением реально произошедших изменений. Таким образом, проведение комплексного анализа всей геосистемы Анапской пересыпи, с привлечением новых полевых данных является актуальной задачей.

Целью данной работы является развитие на основе натуральных данных представлений о механизмах формирования и пространственно-временной изменчивости аккумулятивных береговых тел.

Для достижения поставленной цели посредством анализа литературных и экспериментальных данных решались следующие задачи:

- Выявление важнейших природных факторов, определяющих эволюцию Анапской пересыпи, оценка изменений значимости этих факторов с течением времени.
- Выявление современных пространственных особенностей гранулометрического состава донных и пляжевых наносов, а также анализ изменения грансостава со временем.
- Выявление произошедших за последние десятилетия изменений морфологического облика южной части пересыпи.
- Оценка антропогенных изменений южной части пересыпи.
- Оценка и прогноз устойчивости и способности к восстановлению геосистемы Анапской пересыпи под воздействием природных и антропогенных факторов.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

- На основе экспериментальных данных показано, что происходит уменьшение среднего размера частиц донных отложений южной части Анапской пересыпи с течением времени, что ведет к увеличению выноса мелких частиц на большие глубины и существенно сказывается на общем балансе наносов.
- Установлено, что поступление биогенного (ракушечного) материала в настоящее время играет важнейшую роль в снабжении пляжей Анапской пересыпи крупнозернистыми наносами.
- Отмечено, что на данном этапе развития Анапской пересыпи эоловые процессы влияют на плановое положение уреза воды в значительно меньшей степени, нежели гидrolитодинамические процессы.
- Установлено, что антропогенное воздействие до настоящего времени практически не влияло на литодинамический баланс пересыпи, но существенно изменило ландшафтно-морфологический облик южной части Анапской пересыпи.

#### **Научная новизна работы**

В рассмотренных литературных и архивных источниках встречаются различные, иногда противоречивые оценки происходящих на Анапской пересыпи процессов. Это вызвано быстрой перестройкой гидро-

литодинамической системы пересыпи, обусловленной как продолжением её эволюционного развития, так и современными локальными и глобальными процессами. В настоящей работе впервые проведен критический анализ и сравнение данных, характеризующих предшествующие моменты развития геосистемы Анапской пересыпи; и результатов комплексных экспедиционных работ, проведенных в 2010-2011 гг.

В результате проведенных работ получены данные, как дополняющие имеющиеся научные сведения, так и существенно отличающиеся от результатов предшествующих исследований. Ряд исследований – анализ особенностей грансостава наносов различных зон пляжа и подводного склона вдоль южной части Анапской пересыпи, анализ временной изменчивости грансостава наносов – для условий Анапской пересыпи проведены впервые.

### **Фактический материал и личный вклад автора**

В основу работы положены результаты экспедиционных комплексных исследований, проведенных на Анапской пересыпи в 2010-2011 гг. сотрудниками Южного отделения Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН при личном участии автора. Кроме того, использованы материалы работ, проведенных в 2007-2011 гг. в рамках выполнения ряда инициативных и экспедиционных грантов РФФИ (также при личном участии автора). Обработка экспериментальных данных, интерпретация полученных результатов была выполнена непосредственно автором либо в соавторстве с сотрудниками ЮО ИО РАН. Автору принадлежит ведущая роль в постановке основных научных задач и выборе методики рассматриваемого направления полевых работ; в интерпретации и анализе результатов полевых работ; выборе и аналитической обработке привлекаемого материала (архивных и литературных данных, данных дистанционного зондирования, картографического материала).

### **Практическая значимость работы**

В последнее десятилетие существенно возросло значение Анапы как курорта федерального значения. Естественно, возросла интенсивность антропогенного преобразования Анапской пересыпи, особенно её южной части. Часто это преобразование имеет разрушительный характер для эоловых форм пересыпи. При этом, уже несколько десятилетий наблюдается отступление береговой линии на большей части пересыпи, также ведущее к деградации

эоловых береговых форм. Эти процессы уже в ближайшее время могут привести к возникновению проблем, существенно снижающих рекреационно-хозяйственный потенциал региона или ведущих к разрушению уникальной природной среды. Данные настоящего исследования станут информационной базой для планирования хозяйственной деятельности на Анапской пересыпи.

### **Обоснованность научных положений и выводов**

Полученные результаты основаны на анализе полевых данных, полученных в результате комплексных исследований, с привлечением литературных, картографических и фотографических материалов. Результаты получены с использованием комплекса современных географических методов, данные достоверны, выводы достаточно обоснованы. Результаты не противоречат современным представлениям о закономерностях формирования и динамики береговых аккумулятивных форм и результатам математического моделирования указанных процессов.

### **Апробация работы**

Результаты работы докладывались и обсуждались на IX-ой Всероссийской конференции «Наука. Экология. Образование» (Краснодар, 2004), XXII-ой Международной береговой конференции «Проблемы управления и устойчивого развития прибрежной зоны моря» (Геленджик, 2007), Международной конференции «Black Sea Forum» (Дивноморск, 2008), Всероссийской конференции «Современные проблемы морской инженерной экологии» (Ростов, 2008), Международной конференции «Геосистемы: факторы развития, рациональное использование, методы управления» (Туапсе, 2008), Международной конференции «Динамика прибрежной зоны бесприливных морей» (Калининград, 2008), Международной научно-практической конференции «Стратегии социально-экономического развития рекреационных территорий» (Анапа, 2009), Международной конференции «Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водоемов» (Новосибирск, 2009 и 2011 гг.), XXIII-ой Международной береговой конференции «Учение о развитии морских берегов: вековые традиции и идеи современности» (Санкт-Петербург, 2010), Международной конференции «Изучение и освоение морских и наземных экосистем в условиях арктического и аридного климата» (Ростов, 2011). Международной конференции «Coastal

Engineering Practice 2011» (Сан Диего, США, 2011), Международной конференции «MEDCOAST 2011» (Родос, Греция, 2011).

### **Публикации**

По теме диссертации опубликовано 18 научных работ, в том числе 4 – в изданиях, рекомендованных ВАК.

### **Структура и объем работы**

**Диссертация** состоит из введения, четырех глав и заключения. В конце каждой главы приведены выводы. Работа изложена на 129 страницах, включая 54 рисунка, 7 таблиц, список литературы содержит 134 названия.

### **Благодарности**

Автор считает своим долгом выразить искреннюю признательность научному руководителю, д.г.н. Р.Д. Косьяну, чья научная и организационная поддержка в исключительной мере способствовала созданию данной работы. Автор благодарит сотрудников Отдела береговой зоны моря ЮО ИО РАН им. П.П. Ширшова за разностороннюю помощь в работе.

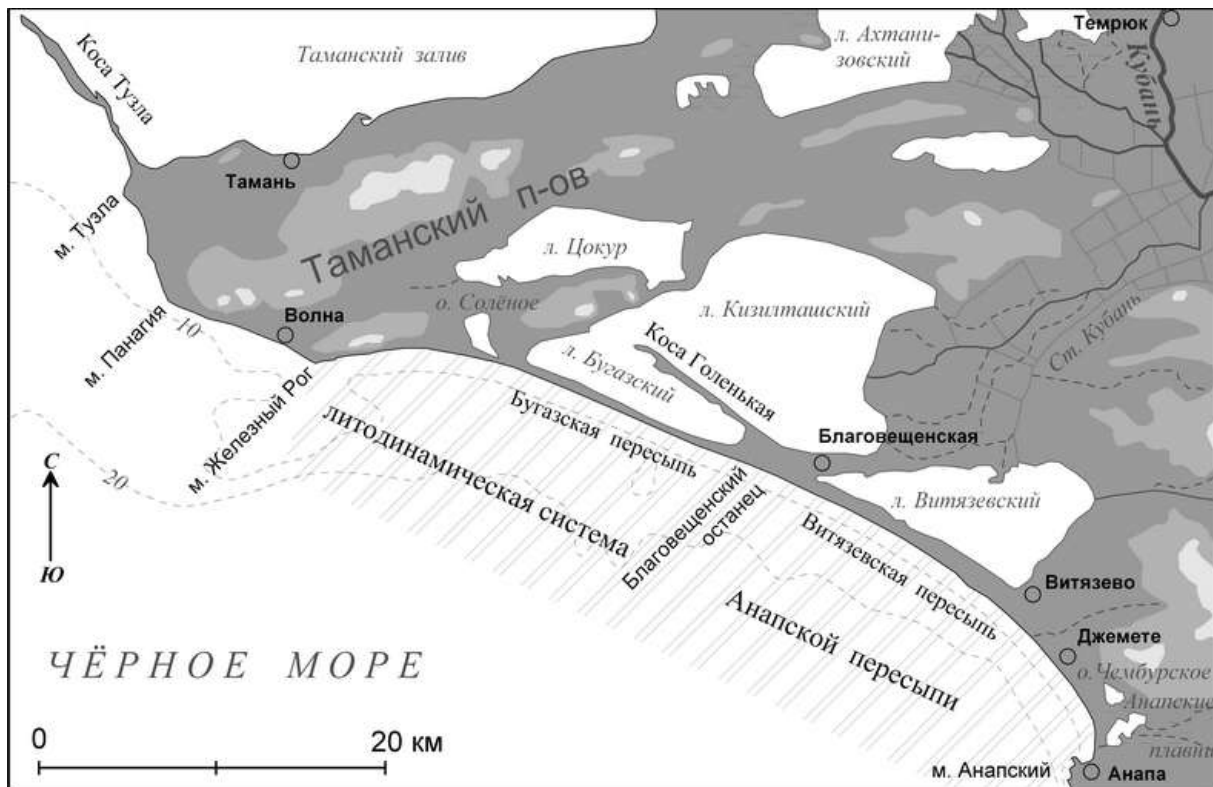
## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во **Введении** обосновывается актуальность темы исследований, определяются цели и ставятся задачи исследований. Представлены основные результаты проведенных исследований и сведения об их апробации.

В **Главе 1**, составленной преимущественно по материалам литературных и архивных источников, дан аналитический обзор современных научных представлений об береговых аккумулятивных формах, подобных Анапской пересыпи, и процессах, определяющих их развитие. В целом, глава 1 раскрывает историю теоретического и практического поиска природных механизмов и процессов, в результате совокупного действия которых сформировалась литодинамическая система Анапской пересыпи (рис. 1). Дана характеристика географического положения и номенклатуры района изучаемого объекта. Приведен краткий обзор используемых в научной литературе основных терминов и определений, обосновано их применение в настоящей работе. Дана характеристика физико-географических условий, в

первую очередь основные климатические, гидрологические, геологические особенности, определяющие характерные черты Анапской пересыпи.

Важным элементом главы является анализ основных этапов и результатов научного изучения Анапской пересыпи. Приведена реконструкция истории возникновения и эволюции различных элементов литодинамической системы Анапской пересыпи. Обзор литературных и архивных источников, посвященных изучению аккумулятивных форм, аналогичных Анапской пересыпи, и процессов, на них происходящих, показал, что практически все теоретические аспекты развития аккумулятивных береговых форм были неоднократно рассмотрены многими учеными. Объем натурных, а особенно многолетних исследований кос и пересыпей, проведенных по единой методике, значительно скромнее, и относится в большей степени к побережьям Балтийского и Северного морей (для условий неприливных морей).



**Рис. 1. Схема района литодинамической системы Анапской пересыпи**

Исследования взаимосвязи волновых и эоловых процессов на береговых аккумулятивных формах северо-западной части Черного моря проводились неоднократно, но единой методики проведения этих исследований не было создано. Также не было создано методики комплексного мониторинга береговых аккумулятивных тел в целом, включающего оценку значимости всех процессов (природного и антропогенного характера), определяющих



современную трансформацию; и оценку значимости влияния процессов, предопределивших предшествующую эволюцию аккумулятивной формы (влияние этих процессов может прослеживаться и сейчас). Разнородность методик затрудняет сравнение результатов, полученных разными исследователями даже в условиях одного и того же аккумулятивного тела, но в разные годы. Зачастую трудно определить, имеют ли место проявления природных процессов, или же полученные различия результатов обусловлено различием применяемых методик. Даже при единстве методик, проводя измерения одних и тех же характеристик, в том же месте, в тот же сезон, можно получить совершенно иные результаты. Могут сказаться как различие текущих условий (синоптическая ситуация, волновой режим непосредственно в момент исследований), так и различие предшествующих условий (подводный рельеф, переформировавшийся между съемками; уровень моря, обусловленный глобальными причинами; состояние растительности и т.п.).

Материалы проведенных ранее, в том числе в последние десятилетия исследований значительно расширили представления об эволюции, современном строении основных элементов литодинамической системы Анапской пересыпи. Тем не менее, несмотря на существенный объем информации, до настоящего времени отдельные детали этой литодинамической системы рассматривались в отрыве от других факторов, определяющих трансформацию пересыпи. Временной разрыв, различная методика и направленность исследований (1950-е годы, 1970-е годы, 2000-е годы), затрудняет проведение анализа характера происходящих изменений, и оценку значимости природных и антропогенных факторов в этих изменениях. К примеру, детальные исследования параметров эолового переноса на Анапской пересыпи проводилось лишь в 1950-е годы и лишь на одном участке, с тех пор многие параметры этого процесса изменились. Фактически отсутствует современное комплексное описание морфологии и ландшафта Анапской пересыпи в целом.

Необходимо проведение исследования, посвященного комплексному обзору процессов, происходящих на пересыпи и определяющих её динамику, и характеристике существующего состояния всех компонентов её экосистемы. Безусловно, данная задача не могла быть решена без проведения полевых работ, включающих прямые измерения различных параметров, и сбор материалов для последующего лабораторного анализа.

**Глава 2** посвящена описанию состава экспедиционных исследований, использованных методик обработки полученных полевых данных. Целью экспедиционных работ было получение достоверных и актуальных полевых данных о современных процессах, протекающих на южном участке Анапской пересыпи (от устья р. Анапка до пос. Витязево), и данных об особенностях её современного морфологического облика. Экспедиционные работы проводились сотрудниками Южного отделения Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН в период 2007-2011 г. Основной объём исследований был выполнен в 2010-2011 гг. Исследования включали следующие полевые и камеральные работы:

- топографо-геодезические работы и батиметрическая съёмка;
- отбор проб донных и пляжевых отложений;
- проведение гранулометрического анализа;
- определение биогенной составляющей в пляжевых и донных отложениях;
- отбор проб зообентоса и определение продуктивности моллюсков;
- маршрутные исследования в зоне пляжа, дюн;
- водолазное обследование дна;
- дешифровка космо- и аэрофотоснимков.

Поскольку изучаемый участок берега не имеет выраженных ориентиров, при подготовке экспедиционных работ были выбраны точки, расположенные через 1 км друг от друга (рис. 2). Через эти точки были проведены поперечные профили, по которым проводились исследования (гранулометрического состава, эоловых процессов, зоологические, геоботанические и т.п.). К этим же профилям были привязаны и морские исследовательские работы. При проведении маршрутного обследования и при отборе проб фиксировались географические координаты с помощью GPS.

В состав топографо-геодезических работ входили топосъёмка надводной части от уреза до гребня авандюны, и прибрежной части моря до глубины 1 м (в связи с невозможностью промеров эхолотом с плавсредств на малых глубинах). Параллельно с выполнением топографо-геодезических работ; проводились батиметрические исследования прилегающей акватории до глубины 10 м. По результатам работ был составлен топографический план прибрежной территории и батиметрический план прибрежной акватории от устья р. Анапка до пос. Витязево в масштабе 1:5000 с сечением рельефа 1,0 м.

Отбор проб донных и пляжевых отложений производился по 11 профилям, с шагом 1 км, начиная от устья р. Анапка (см. рис. 2). На каждом профиле отбор проб пляжевых отложений производился в характерных морфологических частях пляжа – в зоне наката волн, на выположенной поверхности пляжа, у подножия авандюны в тыльной части пляжа, на вершине авандюны. Пробы донных отложений отобраны на глубинах 2, 5, 7 и 10 м, отбор проб производился водолазами. Пробы донных и пляжевых наносов высушивались, взвешивались. Определялся гранулометрический состав проб методом ситового анализа. Выделялись следующие фракции (мм): >5; 5-2,5; 2,5-1,6; 1,6-1,0; 1,0-0,63; 0,63-0,4; 0,4-0,315; 0,315-0,2; 0,2-0,16; 0,16-0,1; 0,1-0,063; 0,063-0,05; <0,05. Полученные в результате рассеивания фракции взвешивались, составлялась гранулометрическая характеристика пробы. Помимо гранулометрического состава, в составе пляжевых и донных отложений химическим способом определялось количество материала биогенного происхождения (ракуши).



**Рис. 2 – Схема организации полевых работ (0-11 – номера профилей)**

На полигоне было сделано 5 разрезов со станциями на глубинах 2, 5, 7 и 10 м для учета численности и других характеристик популяций двустворчатых и брюхоногих моллюсков. Дополнительно были просмотрены выбросы ракуши у уреза воды с целью определения видового состава раковинных моллюсков, участвующих в осадконакоплении.

Береговые маршрутные исследования (БМИ) являлись связующим элементом комплекса исследований. Основными целями проведения БМИ являлись описание современного рельефа и морфологии участка, и выявление проявлений литодинамических процессов, протекающих в береговой зоне. Производилось визуальное морфометрическое описание береговой полосы (включающей зону прибоя, пляж, дюнный пояс), фиксировались параметры и состояние пляжевых отложений. Уделялось внимание фактам и последствиям антропогенного воздействия на изучаемый природный объект. Общая протяженность береговых маршрутов составила примерно 28 км.

Важной составляющей маршрутного обследования и последующей обработки его результатов было использование материалов дистанционного зондирования – космических и аэрофотоснимков за период от 1941 г. по настоящее время. Предварительное изучение снимков позволило отобрать для детального обследования наиболее характерные участки. Анализ последовательных по времени снимков, с привлечением результатов визуального обследования позволил выявить динамику развития элементов экосистемы Анапской пересыпи, оценить степень её антропогенного преобразования.

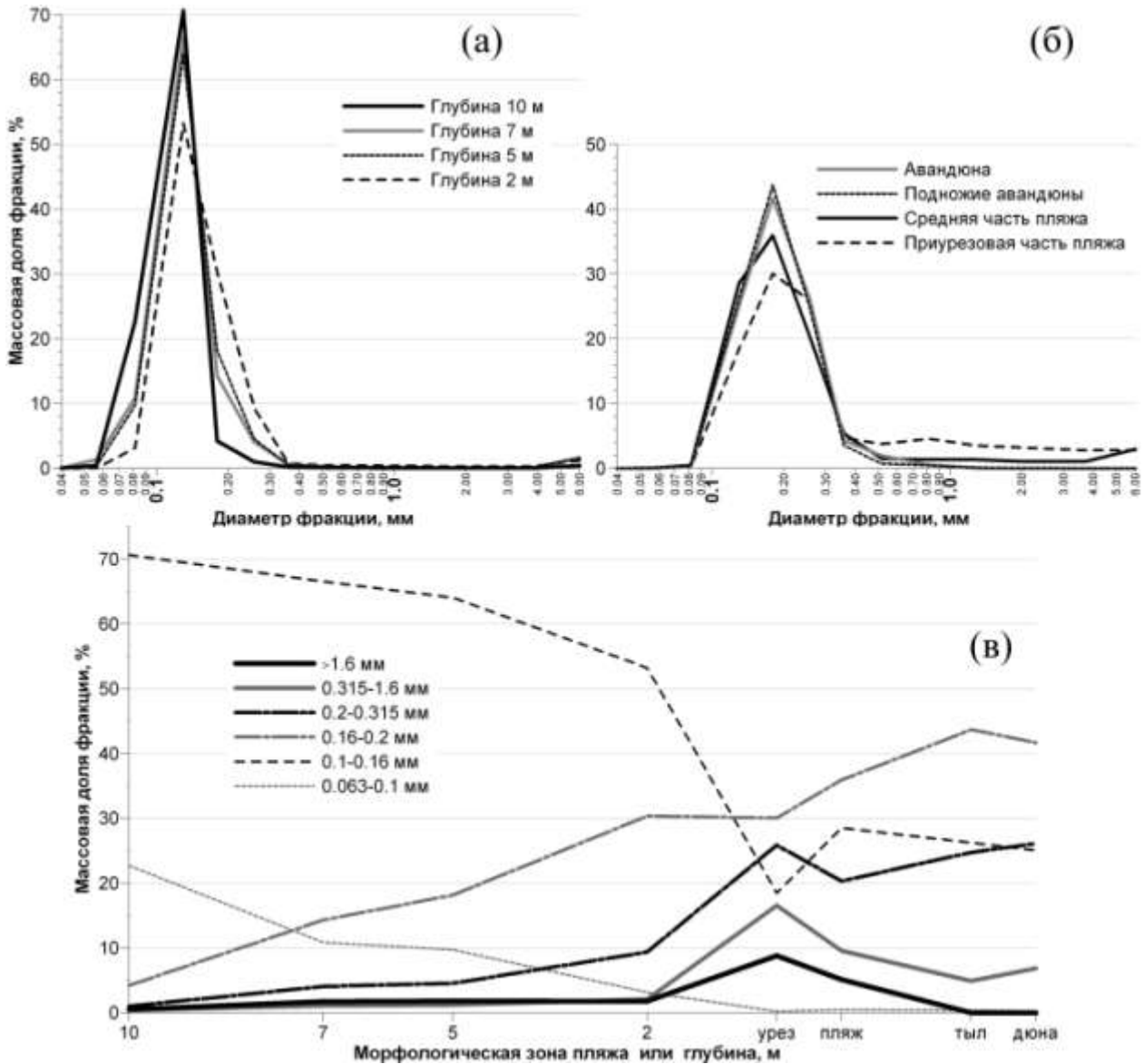
**В Главе 3** рассматриваются основные природные процессы, определяющие современное состояние и динамику Анапской пересыпи.

По результатам полевых и лабораторных исследований проведен анализ особенностей формирования и изменчивости гранулометрического состава современных донных и пляжевых отложений южной части пересыпи. Важнейшим результатом такого анализа стало выявление направлений и действующих сил миграции материала в пределах литодинамической системы.

В донных отложениях в целом преобладают фракции меньшего диаметра (0,063-0,2 мм), чем в пляжевых отложениях (0,1-0,315 мм) (рис. 3). Донные отложения гораздо лучше отсортированы по фракциям, с ростом глубины эта

тенденция нарастает. Содержание ведущей фракции 0,1-0,16 мм в донных осадках составляет 50-70%, в пляжевых отложениях лишь 30-45%. В пляжевых отложениях сортированность возрастает с удалением от моря.

На рисунке 3в хорошо видно, что твердый материал по размеру частиц можно четко разделить на «морские» и «сухопутные» фракции. Доля частиц размером менее 0,16 мм возрастает в сторону моря, более крупных – в сторону суши. Безусловно, этот «граничный» размер (0,16 мм) определяется совокупностью всех действующих факторов – гидродинамических и эоловых, и характерен именно для рассматриваемого участка Анапской пересыпи.



**Рис. 3. Гранулометрический состав южной части Анапской пересыпи: (а) – донных отложений; (б) – пляжевых отложений; (в) – зависимость гранулометрического состава донных и пляжевых отложений от положения на поперечном морфологическом профиле.**

Анализ закономерностей распределения наиболее мелких и наиболее крупных фракций позволяет определить движущие силы и направления миграции материала. В донных отложениях содержание фракций размером менее 0,063 мм по всем глубинам до 10 м не превышает 1,4%. Показательно содержание фракции 0,063-0,1 мм. В донных отложениях содержание этой фракции заметно возрастает: от 3,15% на глубине 2 м, до 22,7% на глубине 10 м. В пляжевых отложениях содержание этой фракции мизерно во всех морфологических зонах пляжа (рис. 3в). В целом, в пляжевых отложениях содержание фракций размером менее 0,1 мм составляет в среднем 0,4% от веса пробы.

Отмеченные особенности указывают на действующий механизм вывода фракций размером менее 0,063 мм из литодинамической системы пересыпи, а размером менее 0,1 мм – из литодинамической системы пляжа. На суше таким механизмом является эоловый перенос. При морских или вдольбереговых ветрах частицы размером менее 0,1 мм свободно мигрируют в пределах пляжа и эоловой зоны (на что указывает примерно равное их содержание во всех морфологических зонах). При береговых ветрах такие частицы оседают далеко от берега, и на пляж уже не возвращаются. В море действует подобный механизм, только движущей силой тут являются течения. Частицы размером <0,1 мм накапливаются на глубинах более 7 м, частицы <0,063 мм покидают литодинамическую систему пересыпи, уходя на глубины более 10 м.

Содержание фракций крупнее 0,315 мм в донных отложениях невелико (в среднем 3%), с глубиной содержание этих фракций снижается. В основном, это раковинный детрит или отдельные раковины (крупные обломки), лежащие на поверхности дна. Вероятно, идет однонаправленный перенос с больших глубин в сторону уреза целых раковин или их крупных обломков.

В пляжевых отложениях содержание фракций крупнее 0,315 мм составляет в среднем 13%, максимальное содержание отмечается в приурезовой части профиля. С удалением от моря содержание крупных фракций падает (у подножия авандюны в среднем 4,9%), но на дюне снова вырастает, этот рост происходит за счет фракции 0,315-1,6 мм. При проведении лабораторных определений гранулометрического состава с использованием сит, было визуально отмечено, что фракции крупнее 0,315 мм практически полностью представляют собой раковинный детрит. На рис. 3.1 на графике «ракуша»

показан гранулометрический состав таких отложений. Преобладают частицы размером от 0,3 до 1,6 мм, все они являются тонкими пластинками детрита, которые, в отличие от округлых минеральных песчинок могут планировать в ветровом потоке, поэтому обладают большей дальностью переноса. Этот детрит местами накапливается тонким (около 1-2 см), но сплошным слоем в локальных понижениях на и между дюнами. Характер накопления и отсутствие более крупных частиц позволяет определить предельный для южной части Анапской пересыпи размер частиц, перемещаемых ветром: пластинки ракуши – до 1,6 мм, округлые минеральные песчинки – до 0,3 мм.

В пределах пляжа, в зоне заплеска, содержание фракций крупнее 1,6 мм максимально у уреза (до 10%), это раковинный детрит, на некоторых участках образующий в приурезовой зоне практически сплошные отложения (хотя и небольшой мощности). При этом, на поверхности песка, практически до подножия авандюны, визуальнo отмечены крупные обломки ракуши или даже целые раковины. Вне зоны заплеска, на переднем склоне авандюны, и на самой дюне практически нет фракций крупнее 1,6 мм. Можно констатировать, что основным транспортирующим фактором для фракций крупнее 1,6 мм является волновое воздействие – заплеск, перемещающий такие частицы (крупные обломки раковин) до подножия авандюны. Именно обломки раковинного детрита крупнее 1,6 мм являются основой для формирования ветроустойчивой поверхности, поскольку ветры, преобладающие на рассматриваемом участке, не в состоянии перемещать данные частицы, что подтверждается их отсутствием на переднем склоне и вершине авандюны.

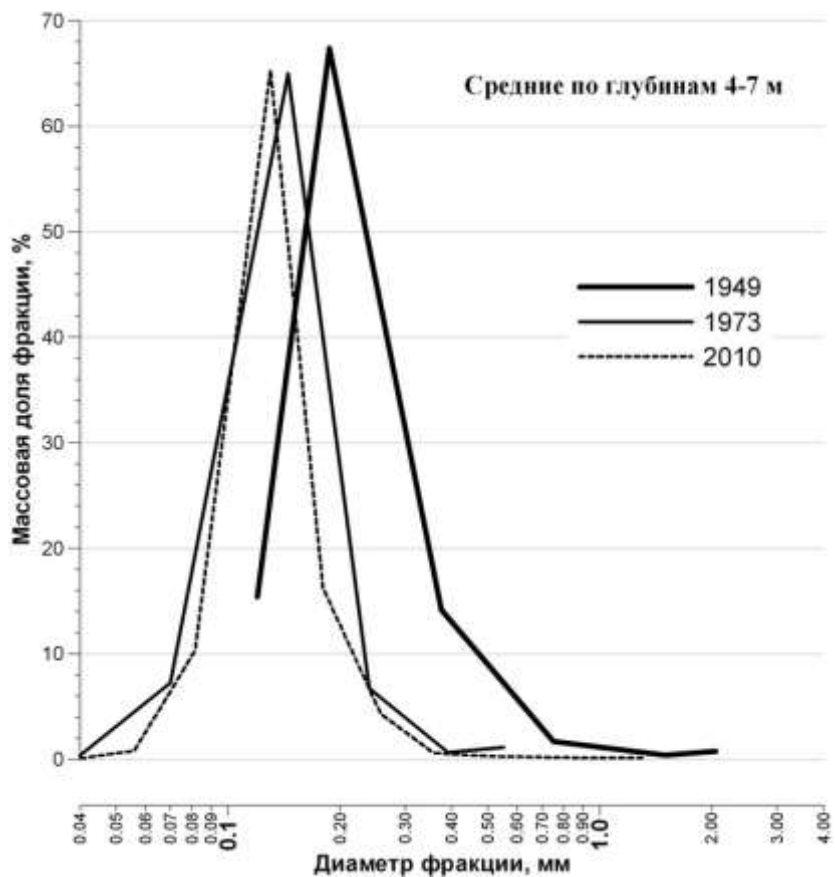
Отмеченные особенности позволяют сделать вывод, что для восстановления пляжей южной части Анапской пересыпи следует использовать песок с размером частиц не менее 0,2 мм – они не будут уходить на подводный склон (рис. 3в). Следует учесть, что при отсыпке песка и повышении высоты пляжа в меньшей степени будет проявляться действие ветроустойчивой поверхности, связанной с уровнем грунтовых вод (влажностью песка). При этом усилится эоловый перенос сухого песка и накопление его в дюнном поясе. Таким образом, с точки зрения устойчивости пляжевого материала, оптимально для пополнения пляжей использовать минеральный песок (с частицами округлой формы) крупностью более 0,3 мм, который практически не будет перемещаться ветрами преобладающей силы на авандюну и за нее.

В пляжевых отложениях доля биогенного материала в среднем составляет 20,8% (макс. 62,4%). Распределение ракушки схоже с распределением фракций крупнее 0,315 мм, но содержание биогенов несколько больше, что говорит о присутствии раковинного материала и в более мелких фракциях.

Для пляжевых и донных отложений южной части Анапской пересыпи прослеживается увеличение доли мелких частиц и уменьшение доли крупных частиц при движении на юг. Отмеченные особенности четко указывают на общее направление движения потока наносов. Перемещаясь на юг под действием волновых течений, частицы песка истираются, и средний диаметр наносов, слагающих пляж и подводный склон, уменьшается.

С привлечением литературных и архивных данных рассмотрена временная изменчивость грансостава донных отложений. На рис. 4 приведены графики грансостава донных отложений, построенные по данным 1949, 1973, 2010 гг. Заметно уменьшение размеров преобладающей фракции. В 1949 г. средний размер преобладающей фракции составлял 0,18 мм, в 1973 г. – 0,145 мм; в 2010 г. – 0,13 мм. Таким образом, отмечена тенденция к истиранию слагающего пересыпь материала, и постепенному уменьшению среднего диаметра частиц. Этот процесс ведет к увеличению безвозвратного выноса твердого материала из береговой зоны на глубину.

**Рис. 4. Сравнение графиков грансостава донных отложений за 1949, 1973, 2010 гг. для района пос. Витязево.**





С учетом постепенного уменьшения среднего размера частиц наносов, поступление биогенного (ракушечного) материала играет в настоящее время важнейшую роль в снабжении пляжей Анапской пересыпи крупнозернистыми наносами. После сокращения поступления наносов с северо-запада, для южной части пересыпи биогенный материал является единственным источником пополнения пляжей крупнозернистыми наносами. С учетом этого фактора, вероятно, что резкое сокращение численности двустворчатых моллюсков после вселения в Черное море хищного брюхоногого моллюска *Rapana venosa*, способствовало уменьшению среднего диаметра слагающих пляжи пересыпи наносов, и сокращению общего объема наносов волнового поля.

Существование эоловых форм на Анапской пересыпи свидетельствует, что эоловые процессы в прошлом играли существенную роль в структуре баланса наносов. Анализ современной морфологии эоловых форм, природных факторов, определяющих интенсивность и направленность эоловых процессов показал, что объемы эолового перемещения песка в пределах пересыпи существенно снизились. В первую очередь, это связано с малым объемом поступающего с вдольбереговым потоком песка крупностью, соответствующей наносодвижущей способности преобладающих ветров. Также сказалось массовое озеленение дюнного пояса и его тыльной части вдоль всего изучаемого участка. Стабильное положение и размеры существующих эоловых форм, отсутствие новых позволяют констатировать, что в настоящее время влияние эолового фактора на общий баланс наносов пересыпи минимально.

В главе проведен анализ изменений морфологии сухопутной и подводной частей пересыпи, и анализ основных природных факторов, определяющих эти изменения. К северу от профиля 3 отмечено отступление линии уреза, величина отступления увеличивается к северу и в районе Джемете достигает 80 м с 1941 по 2007 гг. Пропорционально отступанию уреза отступил передний край авандюны, ширина собственно пляжа изменилась мало. Ширина зоны дюн значительно сократилась, но при этом авандюна на многих участках стала более выражена в рельефе, что снизило вероятность её перехлестывания волнами. Покрытость дюн растительностью резко возросла, особенно на южной части исследуемого отрезка пересыпи. Следов разрушения дюн (без участия человека) в настоящее время практически нет, за исключением переднего края авандюны (при наиболее сильных штормах повреждаемого волнами). Зона

бугристых песков в тыльной части пересыпи полностью антропогенно преобразована, и на баланс наносов влияния не оказывает. Конфигурация системы подводных валов с 1941 г. изменилась незначительно, величина этих изменений сравнима с межгодовой.

Изменение климатических характеристик, особенно смена направления и интенсивности преобладающих штормов (параметров ветроволнового режима), в значительной степени определяют как интенсивность вдольберегового переноса наносов, так и силу воздействующих на пляжи и подводный склон волн. Изменение режима и количества выпадающих атмосферных осадков, хотя и меняет величину эолового обмена между пляжем и эоловым поясом, но в силу незначительности участвующего в обмене объема песка, мало влияет на положение береговой линии и общий баланс наносов.

Долговременные изменения уровня моря, связанные с тектоническими или глобальными климатическими процессами, в сравнении с непериодическими колебаниями уровня, вызванными сгонно-нагонными явлениями и экстремальным штормовым воздействием, в настоящее время практически не влияют на плановое положение и состояние берега Анапской пересыпи.

В **Главе 4** рассматривается история хозяйственного освоения и преобразования южной части Анапской пересыпи. Рассмотрено существующее и потенциальное влияние различных видов хозяйственной деятельности на дальнейшее развитие Анапской пересыпи.

Хозяйственное освоение Анапской пересыпи, начавшееся чуть более 110 лет назад, до середины XX-го века слабо сказывалось на ландшафтном облике пересыпи. В дальнейшем важнейшие изменения коснулись зоны бугристых песков и тыльной части дюнного пояса, которые были частично застроены, закреплены растительностью, что существенно изменило объемы и направление эолового переноса песка. Зона пляжа и подводный склон до настоящего времени практически не испытали антропогенного преобразования.

Разрушение авандюны при строительстве или прокладке прорезей приводит к деградации естественного рельефа и растительного покрова на гораздо больших по площади смежных участках авандюны. В местах понижений авандюны штормовой заплеск может проникать за линию авандюны и затапливать лежащую за ней территорию, что наблюдалось и в естественном режиме. Произведенное в 1950-60-е годы восстановление и закрепление авандюны растительностью значительно сократило количество и

протяженность участков, где было возможно затопление. В настоящее время антропогенное воздействие, выражающееся в прокладке прорезей, разрушении авантюны, изъятии материала дюн вновь снижает устойчивость авантюны к воздействию волн и способствует отступанию берега.

Важным элементом баланса наносов служит явление формирования ветроустойчивой поверхности. В определенный момент это явление практически полностью прекращает эоловое движение песка в пределах пляжа, препятствуя его выносу в море или на дюну. При рекреационном использовании пляжей периодически производится их очистка от мусора и водорослей с помощью боронования. При этом ветроустойчивая поверхность разрушается, и перенос песка возобновляется, что приводит к усилению выноса песка с пляжа, средняя высота которого постепенно уменьшается. Аналогичное явление наблюдается при массовом перемещении по пляжу отдыхающих и транспортных средств. В дюнном поясе из-за вытаптывания и перемещения транспорта разрушается не только ветроустойчивая поверхность, но и растительный покров.

Антропогенное загрязнение моря может снизить воспроизводство ракушечного материала, играющего в настоящее время важнейшую роль в литодинамическом балансе Анапской пересыпи.

Нарушение (прерывание) вдольберегового потока наносов строительством гидротехнических сооружений может привести к кардинальной перестройке всей литодинамической системы пересыпи в целом.

В **Заключении** сформулированы основные научные и практические результаты диссертационной работы. На основе оценки значимости природных и антропогенных факторов в современной динамике Анапской пересыпи, сделаны обобщающие выводы и рекомендации.

Природные факторы, определившие предыдущую эволюцию аккумулятивного тела Анапской пересыпи, и сейчас определяют его динамику. Антропогенные факторы, до настоящего времени, не могли существенно воздействовать на литодинамическую систему пересыпи в целом.

Структура баланса наносов, сформированная после стабилизации уровня моря по окончании ледникового периода, существенно изменилась. После частичного или полного разрушения выступающих мысов (Железный Рог, банка Марии Магдалины, Благовещенский останец), поток абразионного

материала, питающего литодинамическую систему Анапской пересыпи, ослабел. Важнейшим поставщиком материала (крупнозернистого, определяющего устойчивость пляжей, но мало пригодного для формирования эоловых форм) стали выбросы ракуши с подводного склона пересыпи. Прекратился рост эоловых форм. Некоторое время наблюдалась относительно стабильная ситуация – потеря материала за счет истирания и выноса в глубоководную часть моря компенсировалась поступлением биогенного материала.

После появления в Черном море брюхоногого хищного моллюска рапаны популяции двустворчатых моллюсков в значительной степени были уничтожены. Поступление раковинного материала резко сократилось. На многих участках пересыпи началось отступление берега, сопровождавшееся разрушением дюн, при этом ширина пляжа, определяемая гидродинамическими факторами, оставалась практически прежней. Величина отступления берега, на некоторых участках, за 70 лет составила 80 м. В самой южной части пересыпи, где до этого наблюдалось выдвигание берега, линия уреза стабилизировалась.

В последнее столетие в южной части пересыпи существенной антропогенной перестройке подвергся ландшафтно-морфологический облик дюнного пояса и лежащей за ним зоны бугристых песков. Тем не менее, антропогенное влияние, практически не сказывалось до настоящего времени на литодинамическом балансе пересыпи. Несмотря на это, существует риск усиления антропогенного вмешательства. Нарушение целостности дюнного пояса или изъятие песка с подводного склона пересыпи может привести к резкому усилению волнового воздействия на берег, и катастрофическому его отступанию.

Полученные в настоящей работе новые сведения о природных и антропогенных факторах, определяющих динамику и трансформацию южной части Анапской пересыпи, могут служить основой для создания программы комплексного мониторинга всей пересыпи. Результаты работы могут найти практическое применение при создании прогностических моделей эволюции береговых аккумулятивных форм. Полученные выводы могут быть полезны при разработке мероприятий по стабилизации пляжа и песчаных дюн в районе муниципального образования город-курорт Анапа; проектов и региональных программ освоения прибрежной зоны, документов территориального планирования.

**По теме диссертации опубликованы следующие работы (работы 1, 2, 3, 9 опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК):**

1. Дзагания Е.В., Крыленко В.В., Крыленко И.В. Определение критериев оптимизации мероприятий защиты берегов // Вестник СГУТиКД. 2011. № 3 (17). С. 263-266.
2. Есин Н.В., Крыленко В.В., Якушев Е.В. Процессы загрязнения береговой зоны Черного моря // Известия ВУЗов Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2001. С. 61-65.
3. Есин Н.В., Куклев С.Б., Крыленко В.В., Якубенко В.Г., Часовников В.К. Некоторые характеристики гидрофизических и литодинамических процессов, необходимые для разработки нормативов допустимых воздействий на морскую среду Черного моря // Водное хозяйство России: Проблемы, технология, управление. 2008. №5. С. 49-71.
4. Есин Н.В., Пешков В.М., Косьян Р.Д., Крыленко В.В. Деградация песчаных берегов между г. Анапа и мысом Железный Рог // Материалы Международной научно-практической конференции «Стратегии социально-экономического развития рекреационных территорий». Анапа. 2009. С. 14-20.
5. Косьян Р.Д., Дивинский Б.В., Крыленко М.В., Куклев С.Б., Крыленко В.В. Эволюция берега Анапской пересыпи Черного моря // «Создание искусственных пляжей, островов и других сооружений в береговой зоне морей, озер, водохранилищ», труды 2-й международной конференции «Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водоемов». Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. С. 208-213.
6. Крыленко В.В. Тенденции изменения значимости и состава источников поступления загрязняющих веществ в прибрежную зону моря Черноморского побережья Краснодарского края // Геосистемы: факторы развития, рациональное использование, методы управления, Туапсе. 2008. С. 82-85.
7. Крыленко В.В. Хозяйственное освоение приморских территорий и экологическое состояние прибрежной зоны Черного моря // Сборник материалов IX Всероссийской конференции «Наука. Экология. Образование». Библиотека журнала «Наука Кубани», Краснодар. 2004. С. 233-234.

8. Крыленко В.В., Есин Н.В. Загрязнение Геленджикской бухты ливневым стоком // Экология моря. Севастополь. 2001. № 58. С. 69-73.
9. Крыленко В.В., Исупова М.В., Крыленко М.В., Дзагания Е.В. Формирование геоэкологических особенностей устьевой области р. Мзымта и побережья Имеретинской низменности под действием естественных и антропогенных факторов // Инженерная экология. 2011. №5 (101). С. 3-15.
10. Крыленко В.В., Крыленко М.В. Динамика искусственного пляжа в Малой бухте (г. Анапа) // Материалы международной конференции «Динамика прибрежной зоны бесприливных морей», Калининград «Терра Балтика», 2008. С.79-83.
11. Крыленко В.В., Крыленко М.В. Особенности хозяйственного освоения Черноморского побережья России // Труды международной конференции «Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водоемов», Новосибирск, 2011.
12. Крыленко В.В., Крыленко М.В. Проблемы оценки воздействия на окружающую среду при проектировании гидротехнических объектов // Современные проблемы морской инженерной экологии, Ростов-на-Дону, ЮНЦ РАН, 2008. С. 128-131.
13. Крыленко В.В., Крыленко М.В. Ретроспективный анализ картографического и иллюстративного материала как средство оценки состояния природных объектов // Сборник научных статей по материалам II-й научно-практической конференции «Геосистемы: факторы развития, рациональное природопользование, методы управления», Краснодар: «Изд. Юг», 2011. С. 294-296.
14. Крыленко М.В., Крыленко В.В. Использование современных методов берегозащиты на Черноморском побережье России. Сборник тезисов Международной научно-технической конференции «ОКРУЖАЮЩАЯ ПРИРОДНАЯ СРЕДА – 2007: актуальные проблемы экологии и гидрометеорологии - интеграция образования и науки», Одесса, 2007. С. 46.
15. Крыленко М.В., Крыленко В.В. Морфологические исследования южной части Анапской пересыпи в 2010 году // Материалы международной конференции «Изучение и освоение морских и наземных экосистем в

условиях арктического и аридного климата». Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2011. С. 174-177.

16. Якушев Е.В., Лукашев Ю.Ф., Часовников В.К., Есин Н.В., Крыленко В.В. Влияние антропогенных факторов на гидрохимическую структуру прибрежных вод в районе Геленджикской и Голубой бухт // Наука Кубани. 2000. №4. С. 38-44.
17. Krylenko V.V., Kosyan R., Krylenko M., Kochergin A. Grain-size characteristics of the beach and bottom sediments of the Anapskaya bay-bar and forecast of it existence. // Proc. of the Int. Conference MEDCOAST-2011. Rhodes, Greece, 2011. V.2. P. 771-780.
18. Kosyan R., Divinskiy B., Kosyan A., Krylenko M., Krylenko V., Kuklev S. The forecast of Anapa bay-bar coast evolution and sandy body thickness change // Proc. of the Int. Conference on Coastal Engineering Practice. ASCE. USA. 2011. P. 42-55.

Подписано к печати 31.10.2011 г.  
Формат 60×90 1/16. Тираж 100 экз.