



На правах рукописи

ИГНАТОВ Евгений Иванович

БЕРЕГОВЫЕ МОРФОСИСТЕМЫ ПРИМОРЬЯ

25.00.25 - Геоморфология и эволюционная география

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора географических наук**

МОСКВА-2005

Работа выполнена на кафедре геоморфологии и палеогеографии географического факультета Московского государственного университета им. М.В.Домоносова

Официальные оппоненты:

доктор географических наук,
член-корреспондент РАН

Ю.С. Долотов

доктор географических наук,
профессор

Р.К. Клиге

доктор географических наук,
старший научный сотрудник

В.П. Чичагов

Ведущая организация -

Черноморское отделение
Института океанологии РАН (г. Геленджик)

Защита состоится 17 февраля 2005 г. в 15⁰⁰ на заседании Диссертационного совета по геоморфологии и эволюционной географии, гляциологии и криологии Земли, картографии, геоинформатике (Д-501.001.61) в Московском государственном университете им. М.В.Ломоносова по адресу: 119992, Москва, ГСП-2, Ленинские горы, МГУ, географический факультет, аудитория 2109.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке географического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова на 21 этаже.

Автореферат разослан *13* января 2005 г.

Отзывы на автореферат (в двух экземплярах, заверенных печатью) просим отправлять по адресу: 119992, ГСП-2, Ленинские горы, МГУ, географический факультет. Факс: (095) 939-38-01. E-mail: geoeco@geoqr.msu.su

Ученый секретарь

Диссертационного совета
доктор географических наук,
профессор



Ю.Ф. Книжников

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Побережья морей и океанов являются весьма активными геодинамическими зонами, их географическое положение на границе суши и моря обеспечивает высокий потенциал современных преобразований рельефа, с которыми тесно связаны изменения природных территориальных комплексов, особенности хозяйственной деятельности человека и условия его проживания.

Поставленные проблемы актуальны и в настоящее время, т.к. берега остаются наиболее освоенными участками суши. При увеличении антропогенной нагрузки на природные процессы, при проведении ее оценок в связи с решением инженерных и экологических задач, а также необходимости совершенствования использования пищевых ресурсов моря важно определить степень влияния местных условий на ход интегрирующих процессов контактной зоны суша-море, которые определяют особенности хозяйственной деятельности человека в ее пределах и условия его проживания.

Особую актуальность проблема функционирования береговых морфосистем приобретает в связи с повышением уровня Мирового океана и необходимостью осуществить географический прогноз их изменения, чтобы предусмотреть способы защиты берегов и населения, а также варианты хозяйственного освоения зон периодического затопления и подтопления.

В настоящей работе обосновывается применение предложенной Ю.Г.Симоновым (1972 -1998) теории морфосистем для решения проблемы эволюции морских берегов с прилегающей частью суши и акватории, находящимися с ними во взаимосвязи и взаимообусловленном развитии.

В качестве объекта исследования наибольший интерес представляют берега Приморья с их абразионно-аккумулятивными, разноранговыми, таксономически подчиненными бухтами, а также Каспийского моря, изучаемых как модель трансгрессивно-регрессивных преобразований рельефа контактной зоны суши-моря.

Основной проблемой исследования остается создание общей теоретической концепции, объединяющей традиционный комплекс объектов, изучаемых береговой геоморфологией, с той частью прилегающей суши, которая является терригенно-питающей провинцией для всего комплекса процессов, наблюдаемых в береговой зоне и на подводном склоне за ее пределами.

Основная цель работы - создание концептуальной модели формирования и эволюции береговых морфосистем; выявление механизма их внутреннего и внешнего энергообмена и взаимодействия между структурными элементами морфосистем разного ранга, а также определение перспектив и масштабов приложения разработанной теории для решения прикладных проблем освоения береговой зоны Мирового океана.

Задачи работы. Для достижения цели решены следующие задачи:

1. Проведен анализ научных представлений о динамике и стадийном развитии морских берегов.
2. На теоретической основе создана логическая модель структуры и функционирования береговой морфосистемы.
3. Разработана и апробирована натурная модель гидро-, лито- и морфодинамики береговой морфосистемы на примере Приморского экспериментального полигона на Японском море в условиях стабильного уровня и Туралинского берегового стационара на Каспийском море (на фоне современных трансгрессивно-регрессивных колебаний его уровня).
4. Определены основные количественные характеристики гидро-, лито- и морфодинамических элементов береговой морфосистемы.
5. Изучены строение, типы и масштабы береговых морфосистем, а также схема их эволюционных преобразований на примере различных участков береговой зоны Мирового океана.
6. Установлены эволюционные ряды переходов береговых морфосистем из одного состояния в другое в зависимости от региональных особенностей природных условий, гидро-, лито-, морфодинамического режимов и тенденций изменения уровня морей.

7. Выявлен круг практических приложений результатов морфосистемного анализа берегов, связанных с их защитой, разведением плантаций марикультур, поисками прибрежно-морских россыпей, территориально-хозяйственным использованием прибрежной полосы в условиях затопления и подтопления при подъеме уровня моря, а также оценкой цунамиопасности и рекреационным освоением морских берегов

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Создана и апробирована концептуальная модель формирования и функционирования береговой морфосистемы.

2. Выявлен механизм внутреннего и внешнего энергообмена и взаимодействия между структурными элементами морфосистем разного таксономического ранга.

3. Впервые проведены многолетние масштабные экспериментальные стационарные исследования береговых процессов на ключевых участках побережий Японского и Каспийского морей, позволившие выявить и охарактеризовать ведущие факторы берегового рельефообразования в зависимости от климатических условий, геолого-геоморфологического строения и цикличности природных процессов, а также трансгрессивно-регрессивных колебаний уровня моря.

4. На основе критического анализа существующих классификаций морских берегов и данных многолетних полевых исследований разработаны принципы, положенные в основу типизации и ранжирования береговых морфосистем.

5. Доказано, что, кроме сальтации и волочения по дну, перемещение наносов в береговой зоне при штормах осуществляется также посредством проникновения в фунт фильтрационных волн, вызывающих колебания частиц донных наносов и перевод их в полувзвешенное состояние, способствуя тем самым их транзиту и активизации процессов донной абразии.

6. Впервые показана и доказана роль фильтрационных волн в транзите донных наносов и донной абразии (в пределах береговых морфосистем).

7. Понимание сущности функционирования береговых морфосистем создает надежную базу для долгосрочных географических прогнозов и решения прикладных задач освоения прибрежных территорий.

Предметом защиты диссертационной работы является концептуальная модель и схема эволюции береговой морфосистемы.

Основные защищаемые положения:

1. Береговая морфосистема является частью контактной зоны «суша - море», включающей в себя локальный участок береговой зоны и связанные с ним места поступления, транспортировки и накопления рельефообразующего материала, ограниченный водоразделами бассейнов рек I-IV порядков, шевными линиями, предустьевыми базами эрозии в вершинах дельт, мысами, а также гидро-, лито-, морфодинамическими барьерами на подводном склоне.

2. Контактная зона «суша - море» рассматривается как множество береговых морфосистем, разнообразных по морфологии и гидро-, лито-, морфодинамическому режиму и разделенных между собой природными или техногенными барьерами, внутри которых формируются относительно замкнутые циркуляционные ячейки энергомассообмена.

3. Длительность каждого из состояний береговых морфосистем определяют скорость абразии и денудации берегов, бюджет наносов, величина и направленность волноэнергетических пульсаций, колебания уровня моря, а также техногенез, катастрофические явления и биогенная освоенность литорали.

4. В береговых морфосистемах существует активный слой наносов подводного берегового склона, который образуется не только за счет движения осадочных частиц путем взвеси и волочения, но и в результате воздействия на них фильтрационных волн, проникающих в грунт при волнении.

5. Анализ береговых морфосистем применим при разработке долгосрочных географических прогнозов и решении прикладных задач освоения прибрежных территорий: создании плантаций марикультур, оценке цунамиопасности, защите берегов от размыва, их хозяйственного и рекреационного использования.

Практическая значимость исследования. Разработанные теоретические положения и практические рекомендации легли в основу долгосрочного географического прогнозирования изменения природной среды побережья Дальнего Востока под влиянием производственной деятельности при обосновании планов развития народ-

ного хозяйства (1972-1976); составления ТЭД «Каспий» по защите народнохозяйственных объектов и населенных пунктов (1990-1992); ТЭО неотложных мероприятий по предотвращению затопления и подтопления городов и населенных пунктов в прибрежной полосе Каспийского моря в пределах России и Федеральной целевой программы на 1996-2000 гг. по решению социальных, экономических и экологических проблем, связанных с подъемом его уровня.

Результаты исследований использованы также при разработке Единой автоматизированной системы предупреждения цунамиопасности на Дальнем Востоке, а также при выборе участков перспективного проектирования якорных полей для плантаций марикультур и трасс возможной прокладки кабеля в береговой зоне, при поисках прибрежно-морских россыпей и оценке мест установки регистрирующей аппаратуры в Японском море и прилегающих районах Тихого океана, при проектировании и строительстве водозаборов, гидротехнических сооружений, а также при решении иных задач природопользования и рекреационного освоения морских берегов.

Материалы диссертации внедрены в учебный процесс при чтении лекций по курсам: «Общая океанография», «Физическая география Мирового океана», «Морская геология», «Прибрежно-морские россыпи», «Россыпи шельфа», «Методы морских геолого-геоморфологических исследований», а также в спецкурсах: «Береговые морфосистемы» и «Геоморфологический анализ цунамиопасных районов», при проведении морских практик со студентами географического ф-та МГУ на Белом, Черном, Японском и Каспийском морях.

Использованные материалы и методика работ. Работа базируется на многолетних (40 лет) геоморфологических и комплексных географических исследованиях, осуществленных автором на берегах Антарктиды, Азовского, Аральского, Балтийского, Баренцева, Белого, Берингова, Каспийского, Охотского, Северного, Средиземного, Черного, Южно-Китайского, Японского морей, на о-ве Куба, на Канарских и Сейшельских островах, острове Сахалин и на других островах и акваториях Мирового океана.

При выполнении работ применен широкий комплекс натуральных и экспериментальных исследований, математическое и физическое моделирование береговых процессов и функционирования гидробиологических объектов.

Комплекс экспедиционных береговых работ, особенно на Каспийском море, включал рекогносцировочное обследование и повторные ревизионные геоморфологические наблюдения в фазы регрессивного и трансгрессивного положения береговой линии по его периметру в границах бывшего СССР.

Апробация работы. Основные положения диссертации обсуждались на 21 международном и 32 республиканских съездах, конгрессах, конференциях, симпозиумах и совещаниях.

Личный вклад автора в работу. Диссертационная работа является итогом многолетних исследований (1964-2004 гг.), выполненных автором при непосредственном его участии на всех этапах, а также в качестве ответственного исполнителя и научного руководителя. Автору принадлежит разработка научной концепции исследований, теоретического обоснования модели эволюции береговых морфосистем; планирование, организация и выполнение полевых береговых и морских работ, постановка экспериментов, участие в обработке экспедиционных материалов, обобщение результатов полевых и аналитических работ, а также решение прикладных задач, разработка рекомендаций.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 51 научная работа. Основное содержание диссертационной работы опубликовано в монографиях: Игнатова Е.И. «Береговые морфосистемы» (2004) и Игнатова Е.И. и др. «Геоморфология бухтовых берегов Приморья Японского моря» (2004).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения и списка литературы из **511** наименований. Объем работы 339 страниц, включая 102 рисунка и 15 таблиц.

Благодарности. Автор глубоко признателен своим учителям - профессорам О.К.Леонтьеву и Ю.Г.Симонову, а также профессорам С.С.Воскресенскому, Г.И.Рычагову, П.А.Каплину, Л.Г.Никифорову, при поддержке которых зарождался интерес к разрабатываемой теме и решен ряд важных социально-географических про-

блем. Особую благодарность автор приносит своим коллегам, с которыми непосредственно сотрудничал и ощущал их помощь и поддержку: профессору Г.А.Сафьянову, д.г.н. Л.А.Жиндареву, старшим и ведущим научным сотрудникам, кандидатам наук - С.А.Лукьяновой, Г.Д.Соловьевой, А.Н.Варущенко, Е.Н.Бадюковой, Е.П.Маеву, В.И.Мысливцу, В.В.Фролю; Л.М.Шипиловой; персонально - З.С.Игнатовой, А.П.Садову и профессору С.И.Большову, а также бывшим коллегам - д.ф.-м.н. В.А.Робсману, М.Ю.Лохину и А.В.Никифорову и всем, с кем удалось поработать на кафедре геоморфологии и палеогеографии географического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова.

ГЛАВА 1. БЕРЕГОВАЯ МОРФОСИСТЕМА КАК ОБЪЕКТ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В данном разделе изложены теоретические основы применения морфосистемного анализа для исследования контактной зоны «суша - море» на примере береговых морфосистем.

Основные положения концепции. Учение о морских берегах в рамках геоморфологии в настоящее время представляет собой достаточно развитое направление с устоявшейся системой понятий и связанных с ним терминов, возникших при решении морфогенетических и морфодинамических задач. Центральным остается понятие «берег», внесенное в научную литературу А.Пенком (1894). Затем возникло понятие береговая зона. В своих основополагающих работах О.Клеонтьев (1955,1961) дает определение этого термина и предлагает схему, характеризующую соотношение употребляемых в нашей науке понятий (рис.1).

«Побережье» - относится к устоявшимся базовым понятиям нашей науки. Если сравнивать определение понятий «побережье» и «берег», то наряду с поиском границ распространения морских террас, следует искать еще и признаки границы «зоны взаимодействия» моря и суши. Естественно, что они могут быть как на суше, так и на дне.

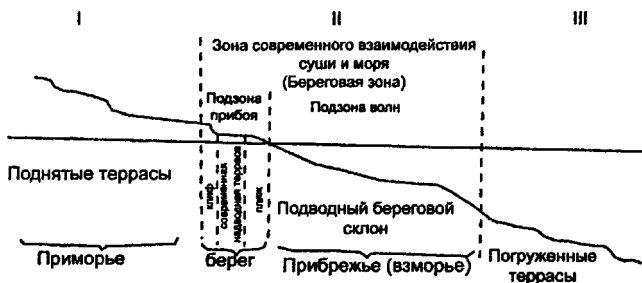


Рис. 1. Схема строения побережья (по О.К.Леонтьеву, 1961).

Берег, в широком понимании этого слова, можно рассматривать как сложную природную систему с обратными связями, для которых типично наличие процессов саморегулирования и реакций на внешние воздействия.

При построении собственной концепции мы исходили из того, что на поверхности земли существуют такие комплексы форм рельефа, в которых отдельные их формы или части форм связаны между собой потоками вещества, зарождающимися в областях денудации и передающимися от одной формы рельефа к другой. При этом они обогащаются в пути за счет частичного разрушения некоторых форм рельефа, из которых получают, может быть, другое вещество. Частично на своем пути они создают промежуточные аккумулятивные формы рельефа. Заканчивается весь этот процесс в бассейнах конечной аккумуляции. Так построены системы литогенеза. Системы морфогенеза с ними связаны, так как образуются они одновременно с литосистемами, и в их образовании принимают участие не только литопотоки, но и потоки воды, снега, льда и воздуха (а иногда и потоки, созданные техногенной деятельностью).

Системный анализ в общем случае его использования предполагает, что любую из систем всегда удастся разделить на части и выделить подсистемы. В данной работе деление морфосистем на их части проводится по дивергентным линиям, которые выражены в рельефе. Они приурочены к мысам в береговой зоне, а на суше - к водоразделам рек I-IV порядков, впадающих в море, и шовным линиям, выраженным в виде тыловых швов пойм, вершин дельт и предустьевых базисов эрозии рек V и крупнее порядка.

Введем определение основного понятия - «береговая морфосистема». В данной работе мы исходим из самого общего определения понятия «берег». Здесь и

далее во всей работе мы, вслед за О.К.Леонтьевым (1955, 1961) и И.С.Шукиным (1980), «морским берегом» будем называть полосу взаимодействия геоморфологических процессов между сушей и морем.

Таким образом, в пределах этой полосы можно установить три высотных пояса: верхний - приморье; срединный (центральный) пояс или береговая зона (зона прибоя + зона прямого действия волн на морское дно) и зона взморья.

Отсюда **береговой морфосистемой (БМС)** предлагается называть такой участок береговой зоны, который образует единое целое с прилегающей к нему частью приморья и взморья в ходе современного рельефообразования и обменивается с ними потоками вещества и энергии. Она состоит из комплекса форм рельефа абразионного, денудационного и аккумулятивного генезиса, созданных совокупным действием рельефообразующих процессов.

По особенностям своего морфологического устройства БМС похожи на континентальные склоновые морфосистемы достаточно хорошо изученные и описанные в работах Ю.Г.Симонова (1972,1984), Г.С.Ананьева (1976) и др.

В отличие от склоновых морфосистем, в БМС соотношение способов перемещения вещества не остается постоянным. Характер их заметно изменяется при переходе от склонов приморья в береговую зону на вдольбереговое и горизонтальное перемещения наносов взморья. Линия раздела береговой зоны и взморья проходит по поверхности подводного склона, отделяя вдольбереговые потоки от течений, действующих на взморье и создающих покровные образования подводного склона.

Проблемы выделения береговых морфосистем. Одноранговые береговые морфосистемы располагаются горизонтальными рядами. Их подсистемы «**приморье**» морфологически представляют «треугольные фасетки склонов», вершина которых удалена от береговой зоны на некоторое расстояние - длину главной реки, базис эрозии которой определяется уровнем моря. Реагируя на изменения уровня моря, река врезается или перестает углублять свое русло.

Врезание приводит к тому, что в бассейне увеличивается мобилизация обломочного вещества, которое через некоторое время начинает поступать в подсистему «береговая зона». Оно может изменить ход процессов в этой наиболее динамической зоне. Саморегулирование процесса растягивается во времени. Это взаимодействие характеризуется не только масштабом изменений в подсистеме верхнего яруса, но и временем передачи «сигнала», которое продолжается со временем отступления пятащейся (регрессивной) эрозии.

Обратный сигнал, поступающий из верхней подсистемы в береговую зону, также требует некоторого времени. В рельефообразующих процессах это будет иметь вид волны трансгрессивной аккумуляции. Ее путь к устью из самой удаленной от берега точки подсистемы «приморья» также потребует некоторого времени. Это время называется характерным временем верхней подсистемы, и именно оно «ответственно» за типы реакций системы на разночастотные внешние импульсы, вызывающие изменение уровня моря.

Следует отметить, что на реакцию процессов, происходящих в средней (или центральной) подсистеме БМС - в береговой зоне, непосредственно реагируют реки и водотоки низких порядков - от I до IV. Бассейны рек высоких порядков, обладающих большей памятью морфосистемы, практически не реагируют на импульсы, связанные с изменением уровня моря или с циклами размыва, происходящими на берегах. В створе шейки замыкания поступает поток вещества, который уже не реагирует на высокочастотные изменения, происходящие в береговой зоне, и его можно принимать как постоянно действующий точечный источник вещества и энергии БМС в пределах характерного времени (Игнатов и др., 1977, 1978, Симонов, Зейдес, 1982, Коротаев и др., 2003).

У малых водосборов круче углы продольного профиля и наклон склонов, поэтому они будут давать меньше обломочного материала и относительно малыми порциями, представленного крупными и менее сортированными обломками. К тому же они будут быстро реагировать на изменение ситуаций в береговой системе. Крупные реки, наоборот, поставляют большое количество материала мелкозернистого и хорошо сортированного, но система будет запаздывать со своими реакциями.

ми на импульсы, которые формируются в береговой зоне, или вообще на них не реагировать (Игнатов, 2001, 2004).

Следует также сказать, что, кроме речных бассейнов, к шовной линии береговой зоны (ее границе с подсистемой приморье) будет подходить материал, который к береговой зоне будет спускаться не в виде потоков, а в виде склоновых шлейфов. Скорость и возраст образования обломков, а также их размеры и масштабы в пределах шлейфов могут значительно отличаться от того, что в береговую зону поставляется водными потоками. Они будут сосредотачиваться у подножья склонов и питать вдольбереговую поток наносов, а также испытывать разрушительную силу процессов абразии. Береговой поток наносов отберет какую-то часть этого материала и далее перемещает его в зону конвергенции, откуда он поступит в подсистему взморье.

Береговая зона является главной подсистемой в БМС, ее структура и функционирование во многом определяют состояние всей системы (рис.2).

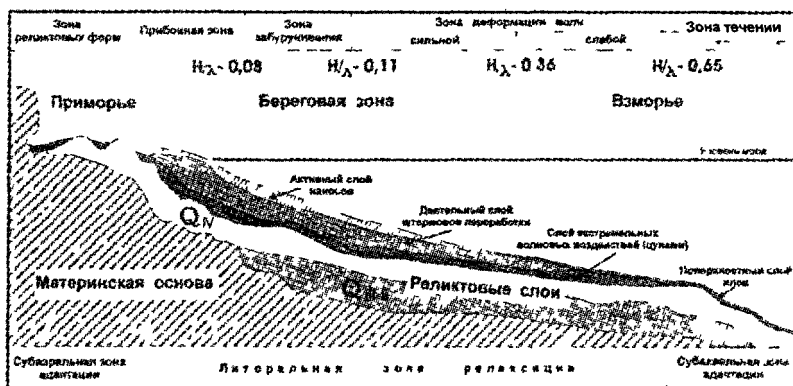


Рис.2 .Схема граничных зон береговой морфосистемы (гидродинамические условия даны по В В Лонгинову, 1963)

Главной особенностью ее функционирования является смещение зоны прибрежья, проявляющееся и в формах рельефа, и в особенностях течения литодинамических потоков. Рядом соседствуют следы событий различного возраста, где мы наблюдаем полихронность и полигенетичность элементов ее структуры. В ней действуют причины, связанные с текущими событиями, сохраняются следы и продолжают процессы, корни которых уходят в более

давнее прошлое. «Память» системы, записанная «языком ее структуры», направляет многие из современных процессов.

Основными индикаторами состояния подсистемы «береговая зона» являются активный и деятельный слои штормовой переработки. Нижняя и подстилающая граница подсистемы «береговая зона» будут определяться положением и мощностью слоя штормовой переработки, а также линией распространения илов, отделяющей от береговой зоны подсистему «взморье» (зону течений).

Подсистема «взморье» может принимать потоки наносов, поступающих вместе с компенсационными течениями. На дне ему могут соответствовать как отрицательные, так и положительные формы рельефа. Плоские конусы или шлейфы выноса прослеживаются на глубинах до 40-50 м.

Выделенные подсистемы в БМС пространственно сопряжены и могут отличаться друг от друга не только сложностью своей структуры и типа функционирования, но и иерархической соподчиненностью (Сафьянов, Игнатов, Шипилова, 1997; Куклев, 2003).

Роль и значение внешних факторов в формировании БМС могут быть неоднородными и сужаться до одного типично морского процесса. В данном случае наиболее актуальным примером является Тузлинская коса на Черном море, на формирование которой влияет скорость абразии коренных берегов Таманского полуострова, колебания уровня моря и глобальные климатические изменения (Игнатов, Чистов, 2003,2004).

Критерии оценки состояния береговых морфосистем. Состояние морфосистемы отражает общее соотношение структурных элементов системы в данный момент времени, наличие характерных форм рельефа, берегов, уклонов подводного склона, пляжевых наносов и донных отложений, источников поступления обломочного материала в сложившихся «стационарных» гидродинамических условиях (табл. 1).

Критерии оценки состояния береговых морфосистем

Структура и формы рельефа, свойства, границы, порядки и размеры БМС, км	Литодинамические элементы, бюджет наносов и гидродинамические условия
<p>Структура: приморье, береговая зона, взморье</p> <p>Формы рельефа: береговой склон, конуса выноса и осыпей; русла водотоков, ложбины камнепадов; золотые и биогенные образования; клиф, волноприбойная ниша, бенч; пляж, бар, лагуна; вал, подводный склон</p> <p>Свойства: память рельефа и структуры; характер береговой линии; степень переработки первичного рельефа; устойчивость берегоформирующих пород; количество и порядки водотоков; площадь водосборного бассейна; высота берегового склона; профиль и дуга динамического равновесия;</p> <p>Границы: водоразделы и шовные линии, высота волнового заплеска нагона и цунами; подошва активного и деятельного слоя штормовой переработки; барьеры-мысы, искусственные препятствия, предутьевые базы эрозии, вершины дельт; дивергентные линии</p> <p>Порядки и размеры: – одиночные (1-10), – сложные (10-20), – объединенные в абразионно-аккумулятивные дуги (20-50), – морфогенетическая система шельфа (50 и более)</p>	<p>Литодинамические элементы: активный и деятельный слой штормовой переработки; циркуляционные ячейки; вдольбереговые потоки наносов; профиль и дуга динамического равновесия</p> <p>Бюджет наносов</p> <p>Приходная часть: твердый сток, склоновые, золотые, биогенные, хемогенные, техногенные поступления; вдольбереговой поток наносов</p> <p>Расходная часть: уход по подводному склону; вдольбереговой транзит наносов; истирание; золотое, биогенное и техногенное изъятие</p> <p>Гидродинамические условия: скорость водотоков; волнение; волноэнергетические потоки; придонные орбитальные скорости; морские течения; сток рек; нагоны, приливы, цунами; рефракция волн; румбовая составляющая волнения и экспозиция берегов; зоны конвергенции и дивергенции волновой энергии и переноса вод; энергетическая равнодействующая волнения</p>
Факторы воздействия и процессы	Причины, стадии и возраст формирования, лет
<p>Внешние: Волновая энергия; энергия прибрежно-морских течений; мощность, направление и емкость потоков наносов; ветровая энергия; температурный режим; объемы денудационного среза; количество, выпавших осадков; твердый сток водотоков; биогенная освоенность; степень отчужденности береговых участков; исходные уклоны подводного склона первичного берега; степень защищенности берега; устойчивость берега к разрушению; промышленно-хозяйственная освоенность береговой зоны</p> <p>Внутренние: денудация; эрозия; выщелачивание и выдувание; термоабразия; биогенные преобразования; абразия берегов; истираемость обломочного осадкообразующего материала; аккумуляция наносов; формирование профиля; выработка в системе состояния динамического равновесия; унаследованность процессов рельефообразования при периодических колебаниях уровня моря; способность к саморегулированию и релаксация</p> <p>Эволюционные процессы: Изменение границ и структуры БМС при смещении местоположения барьеров-мысов, водоразделов или уровня абсолютного базиса эрозии и волнового базиса; достижение состояния устойчивого динамического равновесия; динамический возраст морфосистемы; истирание памяти рельефа и структуры; смена объемов потока энергомассообмена; упрощение структуры функциональных связей БМС; смена классов</p>	<p>Причины эволюционных преобразований</p> <p>Многoletняя сезонная эволюционная изменчивость волновых, гидродинамических или иных процессов; изменение качества вод и загрязненность; техногенное изъятие наносов или нерегулируемый сброс отходов, искусственные отсыпки пляжа; применение берегозащитных сооружений и портостроительство; активизация жизнедеятельности или гибель популяций осадкообразующих организмов; изменчивость геологического субстрата при абразии берегов, нарушение инерционных свойств; изменение морфологии рельефа при проявлении экстремальных катастрофических воздействий; трансгрессивно-регрессивные колебания уровня моря; ускорения темпов поступательных преобразований рельефа и структуры БМС в зависимости от унаследованности процессов рельефообразования</p> <p>Стадии и возраст формирования</p> <p>Начальная (100-1000 лет) – усложненная структура, изрезанный контур береговой линии, слабоизмененный рельеф береговой зоны</p> <p>Зрелости (1-10 тыс.лет) – упрощение структуры, выравнивание береговой линии, выполаживание подводного склона, формирование устойчивых аккумулятивных образований и осадочной толщи.</p> <p>Старости (10-100 тыс.лет) – равновесное состояние морфосистемы, спрямленная береговая линия, малые уклоны подводного склона, выработка профиля и дуги динамического равновесия</p>

Циклы энергомассообмена существенным образом влияют на процессы рельефообразования в БМС. За время их действия образуется взвесь, активный и деятельный слой штормовой переработки, происходит абразия берегов и аккумуляция наносов, формируются бары, лагуны, подводные и береговые валы, происходят колебания уровня моря и необратимые эволюционные преобразования, сопровождающиеся сменой типов и рангов береговых морфосистем. Они имеют характер адаптационных или релаксационных процессов (табл.2).

Таблица 2

Адаптационные и релаксационные циклы энергомассообмена береговых морфосистем

№ п/п	Временной масштаб циклов	Период развития	Характер событий
1	Мелкомасштабные (волнения)	Секунды-минуты	Внутрисуточные миграции вещества
2	Мезомасштабные (приливы)	Часы-сутки	
3	Синоптические (тайфуны, циклоны)	Недели-месяцы	динамика берегов
4	Сезонные	Квартал-год	
5	Межгодовые	2-3,5 года	
6	Внутривековые	11, 30-35, 50	
7	Межвековые	100 и более лет	Эволюция береговых морфосистем
8	Сверхвековые	1800-2000 лет	
9	Геологические	Десятки и сотни тысяч лет и более	

Релаксации подвержены аккумулятивные формы рельефа типа пляжа, приустьевых баров, фестонов или вдольбереговых валов, баров и лагун. Однако абразионные формы - клифы, уступы размыва и бенчи свидетельствуют о действии цикла адаптации, когда происходит последовательная перестройка или деградация берегового рельефа от шторма, годовых и внутривековых циклов энергомассообмена к меж- и сверхвековым преобразованиям.

В процессе развития береговой зоны рельеф проходит несколько фаз от "молодости" к "старости" по Д.Джонсону (1919). Эти представления основаны на многофакторности явлений и характеризуют весьма сложную систему или несколько систем. К условиям нашей задачи более применим случай, рассматриваемый О.К.Леонтьевым (1955, 1963) и В.П.Зенковичем (1962) - развитие "элементарного" берега, абразионного или аккумулятивного, от начальной фазы и до формирования полного профиля. При этом есть основания рассматривать абразионный берег как начало изменения профиля первичного откоса, соответственно

аккумулятивный - как конечную стадию переформирования естественных склонов суши, затопленных морем.

По схеме О.К.Леонтьева (1963), развитие абразионных берегов идет не только по пути морфологического преобразования форм рельефа, но также характеризуется наличием или отсутствием слоя рыхлых отложений, приходящих в движение при волнении. Речь идет не о потоке наносов, данные построения выходят за его рамки. Здесь имеется в виду вся толща отложений, сформированная при штормовых воздействиях разной силы послойно. Если рассматривать систему с позиций послойных преобразований, то такая БМС будет иметь следующую схему состояний и этапов развития абразионного берега (рис.3).

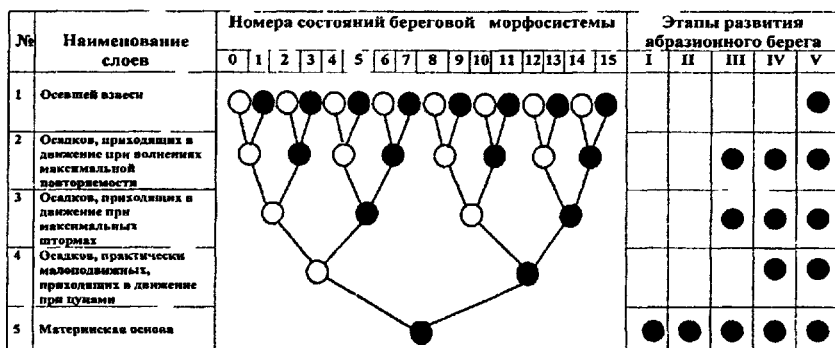


Рис. 3. Схема состояния береговой морфосистемы и этапы развития абразионного берега

Такой подход удовлетворяет условию задачи. В моделировании участвует небольшой перечень составляющих, а количество рядов состояний насчитывает 16 позиций от 0 до 15. Опираясь этими рядами, мы можем теоретически перевести БМС из одного состояния в другое, чтобы проследить весь цикл преобразований от размыва до аккумуляции (рис. 4).

БМС - это саморегулируемая открытая система, которая в своем развитии под влиянием ветровых волн стремится к установлению динамического равновесного состояния. На эволюцию береговых морфосистем и их каскадных преобразований влияют также длиннопериодные волны типа цунами и периодические колебания

уровня моря, что во многих случаях приводит к катастрофическим последствиям как на Каспийском море, так и берегах Мирового океана.

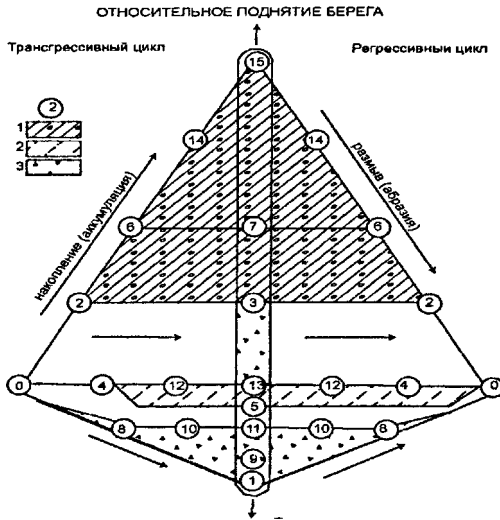


Рис.4. Схема смены состояния береговой морфосистемы
 1 - номера состояний в соответствии с рис.3; 2 - зона действия волн максимальной повторяемости; 3 - зона действия штормовых волн; 4 - зона неволнового воздействия

БМС не поглощает в себя такие понятия как побережье и береговая зона, она «выхватывает» из них участки, фрагменты. Рассматривая морские берега как множество разнопорядковых БМС, отличающихся друг от друга по рангу и типу строения рельефа и масштабам протекающих в них субаэральных и субаквальных процессов, можно выявить общий механизм их нисходящих каскадных преобразований, характеризующихся сменой: класса событий, масштаба пространственных состояний, мощностью потоков энергомассообмена, параметров системы, а также ее способностью сохранения памяти.

Береговая зона характеризует ее современное состояние БМС на данный (наблюдаемый) момент времени, т.е. определяет цикл релаксации - восстановления динамического состояния системы в процессе ее внутреннего саморазвития. Ее граница в данном случае контролируется наличием и местонахождением активного и деятельного слоев штормовой переработки.

Идеальное (равновесное) состояние БМС, к которому она стремится, включает в себя требование выработки равновесного состояния во всех ее частях: это и профиль равновесия подводного склона, и дуга динамического равновесия береговой линии.

Итак, обобщая все вышеприведенное, можно отметить, что развитие контактной зоны суша - море происходит под действием денудационных, эрозийных, абразионных или аккумулятивных процессов с переходом от локальных участков береговой зоны, представляющих береговые морфосистемы низкого элементарного ряда, к более сложным системам абразионно-аккумулятивных дуг и генеральным морфогенетическим системам шельфа.

ГЛАВА 2. МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛИТООСНОВЫ БЕРЕГОВОЙ МОРФОСИСТЕМЫ.

На суше в разных ландшафтно-климатических условиях обмен вещества и энергией в БМС зависит от зональной специфики протекающих в них процессов (Шукин, 1938, 1960, Лымарев, 1978). В субаквальных условиях в подводных частях БМС действуют иные процессы энергомассообмена (табл. 3).

Таблица 3

Обобщенная схема функционирования литоосновы БМС (по И.С.Шукину, 1960 и В.И.Лымареву, 1978, с дополнениями Е.И.Игнатова и др., 1980,2004)

Климат	Нивальный		Гумидный		Аридный	
	Подзоны	Ледников.	Мерзлотная	Умеренная	Тропическая	Умеренная
Факторы воздействия	Ледники, ветер, течения	Реки, гравитация, ветер, вымораживание.	Реки и водотоки, гравитация, растительность, осадки, лед, ветер	Реки, осадки, гравитация, растительн., ветер, выщелачивание	Ветер, временные водотоки, гравитация	Ветер временные водотоки, гравитация
Субазральные рельефообразующие процессы БМС	Экзарация, ледовый перенос, гравитация десквамация, термоабразия	Криолитогенез, гравитация, сток рек, склоновые процессы, выветривание, выдувание, термоабразия	Сток рек, склоновые процессы, деятельность растений и животных, эоловые процессы, припойный разнос, выветривание, абразия	Сток и рек, выветривание, химическое выщелачивание, абразия	Эоловый перенос, выдувание, склоновые процессы, сток рек, абразия, аккумуляция	Эоловый перенос, выдувание, склоновые процессы, абразия, аккумуляция
Источники поступления вещества в береговые морфосистемы	Айсберги, выводные ледники, термоабразия, пляжи	Твердый сток, склоновые поступления, абразия, пляжи	Твердый сток, склоновые поступления, растительность, ракушка (танатоцефалы), пляжи	Твердый сток, склоновые поступления, растительность, ракушка, кораллы, пляжи	Дюны, барханы, твердый сток, склоновые поступления, абразия	Дюны, барханы, склоновые поступления, абразия, пляжи
Субаквальные рельефообразующие процессы	Волны, течения, жизнедеятельность растений и животных, химизм водной среды, мутьевые потоки, вдольбереговые потоки наносов, абразия, аккумуляция					

Региональный анализ факторов экзогенного рельефо- и осадкообразования на различных полигонах позволил выявить особенности функционирования литоосновы и элементы массопереноса и массообмена БМС (Игнатов, 1969, 1972, 1975, 1982, 2001, 2004, Игнатов и др., 1979, 1980, 1982, 2004).

Морфология рельефа Приморского полигона. В результате проведенных геоморфологических исследований на Приморском экспериментальном полигоне установлена связь его строения и динамики берегов с вулcano-тектоническими структурами, зонами дробления, тектонической трещиноватостью и петрографическим составом рельефообразующих пород (Игнатов и др., 1978, 1979, 1980, 1982, 2004).

В пределах территории экспериментального полигона выделяются три типа рельефа: горный (первично-тектонический и денудационный), флювиальный и морской (талассогенный). Соответственно этому здесь развиты современные процессы денудации, абразии и аккумуляции. Каждый из них приводит к разрушению (дроблению), переработке (измельчению, дифференциации и сепарации) и подаче обломочного материала в береговую зону. Рассмотрим далее их роль в функционировании литоосновы БМС на примере бухты Рудная как наиболее типичной для Приморья и в целом морских бухтовых берегов.

Морфология береговой морфосистемы. Бухта Рудная детально изучена и представляет собой открытую ингрессионную бухту, приуроченную к Бринеровской кальдере проседания (Ионин и др., 1960; 1971; Каплин и др., 1972, 1978; Фремд, Рыбалко, 1972; Игнатов и др., 1977, 1979, 2004; Кривулин и др., 1979; Игнатов, 1987, 2004). Строение бухты показано на рис. 5.

Роль рек и водотоков в поставке терригенно-обломочного материала. На исследуемом участке побережья Японского моря между бухтами Нерпа и Опричник в море впадает 30 водотоков, включая реки Ахобэ, Рудная и Зеркальная. Из них 16 водотоков первого порядка, 5 - второго, 6 - третьего, а также реки Ахобэ (5 порядок), Рудная (6) и Зеркальная (7). Общая площадь их водосборных бассейнов составляет более 40 тыс. км² (Игнатов, 2004).

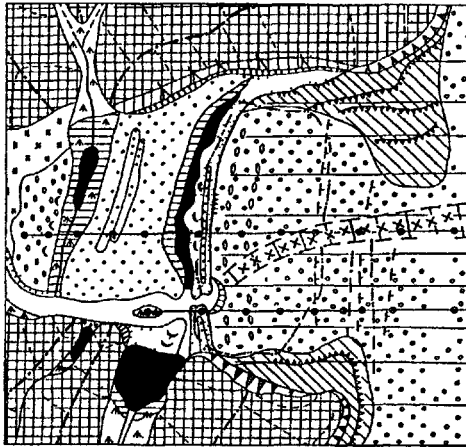
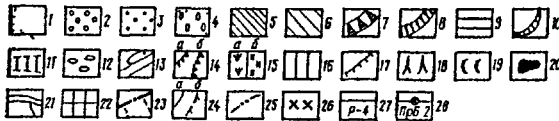


Рис.5. Геоморфологическая карта бухты Рудная (Игнатов, 1987).



1 – современная морская аккумулятивная терраса (пляж, пересыпь), 2 – аккумулятивный подводный береговой склон, 3 – молодая голоценовая морская аккумулятивная терраса, 4 – то же, древняя голоценовая Морская абразионная терраса – бенч 5 – современная, 6 – древняя, 7 – абразионно денудационный береговой уступ, активный, 8 – то же, отмерший 9 – реликты голоценовых лагун, 10 – приустьевой подводный бар, 11 – подводная ложбина (продолжение русла реки), 12 – подводные валы, 13 – оси крупных валов 14 – абразионный клиф (а – активный, б – отмерший), 15 – пойма (а – низкая, б – высокая), 16 – полигенетическая аккумулятивная террасовидная поверхность, 17 – эрозийный уступ, 18 – овраги и рытвины, 19 – золотые образования, 20 – озера и лагуны современные, 21 – русло реки с водотоками, 22 – склоны низких хребтов, 23 – водоразделы и границы водосборов, 24 – береговые линии (а – современная, б – древняя) 25 – ореол концентрации полезных компонентов, 26 – погребенные аллювиальные россыпи, 27 – разрезы эколотирования и гидролокации бокового обзора, 28 – профили и скважины бурения вибропоршневой тубкой

Все реки высоких порядков выносят в береговую зону мелкий материал типа песка и алеврита. Водотоки низких порядков поставляют в нее преимущественно грубообломочный и крупнозернистый материал. Объем твердого стока водотоков находится в прямой зависимости от жидкого стока и колеблется в значительных пределах для водотоков разных порядков (табл. 4).

Таблица 4

Расчетные величины среднегодового расхода воды водотоков Приморского

Порядковый номер водотока		Площадь водосбора (км ²)	Среднегодовой расход воды (м ³ /сек)		
			Q max	Q ср.	Q min
Входят в БМС полностью	I	2.95	0.063	0.039	0.018
	II	4.10	0.087	0.054	0.025
	III	25.0	0.53	0.33	0.15
	IV	28.5	0.60	0.38	0.18
Входят в БМС только дельты и устьевые участки	V	400	8.50	5.30	2.46
	VI	1140	24.2	15.0	7.00
	VII	1870	39.6	24.6	11.5

Наиболее полные сведения об объемах жидкого и твердого стоков водотоков исследуемого района имеются для реки Рудная, на которой осуществлялись регулярные гидрометеорологические наблюдения в течение девяти лет (Игнатов и др., 1977, 1979; Король, Нефедова, 1980; Игнатова, Чудаева, 1983). Твердый сток (взвешенные и влекомые наносы) реки Рудная, кроме наблюдаемых данных, оценивался на основании анализа распределения среднегодовых характеристик речного стока и расчетных параметров (рис.6).

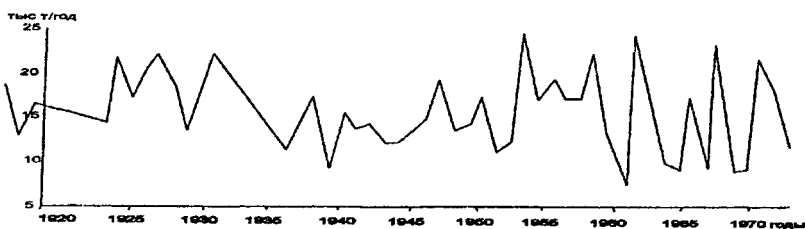


Рис. 6. Твердый сток реки Рудная (с учетом данных Л.Г.Король, Л.В.Нефедовой, 1980)

Главной причиной формирования значительных паводков и активного развития процессов водной эрозии является высокая интенсивность ливней (до 500 мм/сут). Развитие водной эрозии при таких ливнях приводит к резкому увеличению стока наносов в реках, впадающих в Японское море. Так, на реке Рудной паводки с расходом взвешенных наносов более 8 кг/сек проходят почти ежегодно, а порой 2-3 раза в год. Максимальное значение мутности у г. Дальнегорска измерено 10.08.1972 г. и составило 1820 г/м³. Возникновение такого мутьевого потока было обусловлено прохождением ливня, когда в течение 1 часа 36 минут выпало 105.5 мм осадков. При этом расход воды составил 69.6 м³/сек. (т.е. в 16 раз больше среднего многолетнего), а сток наносов увеличился до 127 кг/сек при среднегодовом значении 0.14 кг/сек.

О влиянии тайфунов на изменчивость стока взвешенных наносов говорит тот факт, что в год, когда не наблюдалось выхождение тайфунов на территорию Приморья, годовой сток взвешенных наносов на р. Рудной (по данным ГМС г. Дальнегорска) составил 221 т (1972 г.), а в 1974 г. при бурном развитии циклонической деятельности - 17640 т, т.е. в 80 раз больше. Именно неравномерность по годам

воздействия тропических циклонов приводит к значительной вариации годового стока взвешенных наносов на реках.

Исследования режима твердого стока взвешенных наносов реки Рудной показали следующее:

1. Роль рек Приморья как поставщиков материала в БМС находится в тесной зависимости от интенсивности развития циклонической деятельности и резко возрастает после прохождения ливневых осадков, вызванных тайфунами. В годы их бурного развития сток взвешенных наносов в 50 раз превышает среднегодовое значение.

2. Паводковые увеличения стока воды и наносов приурочены по времени к восточному и северо-восточному направлению действия ветров в бухте; в меженный период развиваются течения южных румбов действия.

3. В период меженного стояния уровней во впадающей реке на акватории бухты наблюдается стационарное распределение концентрации взвешенных наносов, близкое к экспоненциальному; в паводки распределение мутности по профилю в общем виде имеет форму "параболы".

Склоновые поступления. Для оценки объемов склоновых поступлений использовался метод построения фронтальных планов (Брюханов и др., 1981, Игнатов, 2004). Фронтальным планом называют уменьшенное и подобное изображение контуров и форм рельефа участка местности, получаемое путем проектирования на вертикальную плоскость (рис. 7а,б). На основе фронтального плана составлена схема геоморфологической интерпретации участка берегового склона (рис.7, в).

В результате установлены элементы динамики развития склоновых процессов и приуроченность конусов выноса к определенным геологическим структурам и рассчитан объем склоновых поступлений в береговую зону Приморского экспериментального полигона. В целом объем склоновых поступлений колеблется в пределах от 29 до 12 067 м³ и является основным источником наносов на открытых абразионно-денудационных берегах, но значительно уступает твердому стоку рек и водотоков в бухтовых БМС.

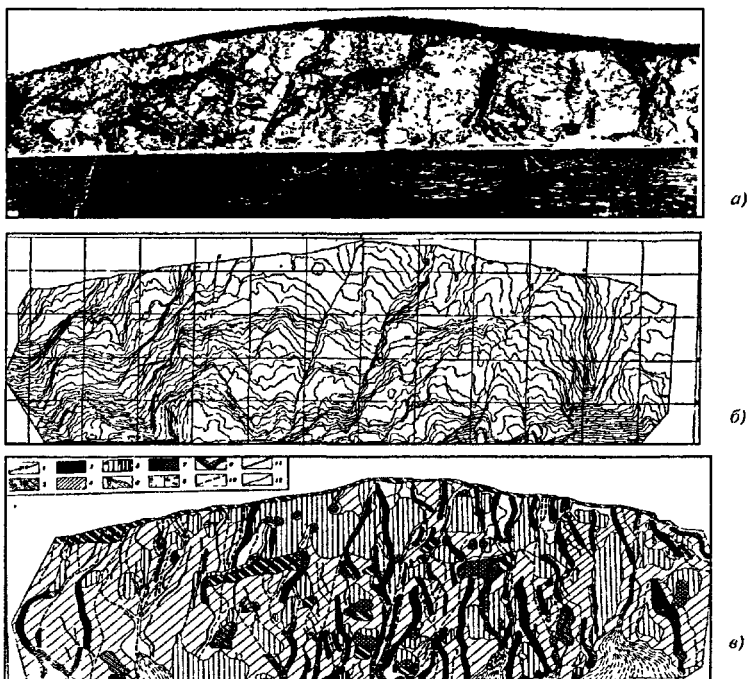


Рис. 7. а- фрагмент берегового склона экспериментального участка (мыс Гранитный)
 б- фронтальный план экспериментального участка берегового склона
 в- геоморфологическая схема: 1- фронтолы, 2-4- вершинные гребни склонов, 5- уступы, 6- конусы выноса, 7- пищи, 8- пляжи, 9- желоба, 10- тальвеги, 11- водоразделы, 12- границы ареалов

Объем абразионного среза. Для оценки темпов абразии и объемов обломочно-го материала, поступающего в береговую зону, нами была произведена реконструкция первичного рельефа абразионных участков бухт Рудная и Зеркальная (Игнатов, 2001, 2004). Суммарный объем абразионного среза для бухты Рудной равен 13023050 м^3 , а для бухты Зеркальной - 18079630 м^3 , среднегодовой объем срезанного абразией материала для бухты Рудной за 3000 лет составляет $4341,0 \text{ м}^3/\text{год}$ (табл.5).

Таблица 5

Объем абразионного среза берегов и твердого стока бухты Рудная по годам

Годы	Объем абразии (т/год)	Твердый сток
1972	5500	11560
1973	2000	8 732
1974	3500	14 896
1975	2500	11043

Эоловый перенос. Роль эоловых процессов в функционировании литоосновы Приморского полигона незначительна и ограничивается формированием эоловых надувов у подножья некоторых склонов и отмерших береговых уступов, а также образованием мелких песчаных форм типа песчаных бугров и застрогов на тыловой поверхности приустьевых валов и древних баров.

Техногенная составляющая твердого стока реки Рудная являлась основным фактором поступления песчано-алевритовых осадков в бухту. Поставщиком этого материала в 1946-1965 гг. являлся расположенный в среднем течении реки Рудная (в 35 км от устья) крупный горно-металлургический комбинат. Из-за сброса твердых отходов в виде пульпы в твердом стоке реки преобладала техногенная составляющая. Техногенная и природная составляющие твердого стока реки в бухту за этот период соотносятся как 14:1, с 1966 г. техногенный материал в массовом количестве в реку не поступает.

Таким образом, в пределах Приморского полигона основным источником обломочного материала в бухтовых БМС является твердый сток рек. На открытых выровненных участках морфосистем преобладают склоновые поступления. Роль абразионных поступлений неравномерна и уступает по объемам в 2-5 раз склоновым отложениям и твердому стоку.

ПЛАВАЯ ГТРОДИНАМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ БЕРЕГОВОЙ МОРФОСИСТЕМЫ

Для исследуемого участка, по данным ГМС Рудная-Пристань, установлено положение нижней границы береговой зоны (табл. 6).

Таблица 6

Высота волн (м)	Повторяемость волн (Р, %)	Нижняя граница береговой зоны (Н0) и расстояние до уреза (м)				Глубина обрушения (Н) и ее расстояние до уреза (м)			
		Н0	Для бухт	Для выровненных открытых берегов	Для мысов	Н	Для бухт	Для выровненных открытых берегов	Для мысов
1	34	10	875	150	50	1,8	175	27	9
1,5	8	15	1025	275	200	2,7	250	40,5	13,5
2	4	20	1375	525	375	3,6	350	48	18
2,5	3	25	1575	850	600	4,5	425	67,5	22,5
3	1,5	30	2000	1000	725	6,3	575	94,5	31,5
6	0,01	60	6500	6250	4250	10,8	300	114,5	58

Для мористой подзоны взморья наиболее характерными оказываются ветровые течения при относительной подавленности волновых факторов. Циркуляция вод в этой подзоне тесно связана с циркуляцией в открытом море и ее необходимо рассматривать в комплексе с морскими течениями.

В зонах максимальных энергетических воздействий на подводный склон выделены значения их воздействия на литомассу как функции времени за период 1960-1975 гг. (рис. 8,9).

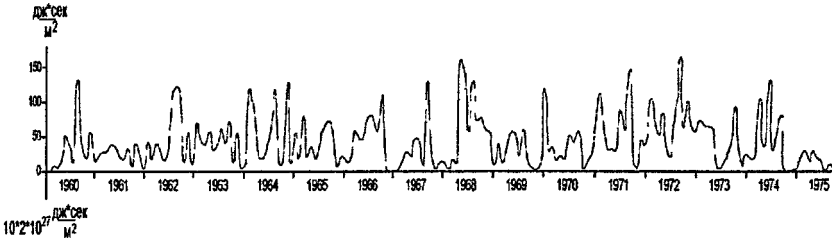


Рис. 8. График ежемесячного изменения удельного момента количества движения, направленного в бухту Рудная за период 1960-1975 гг.

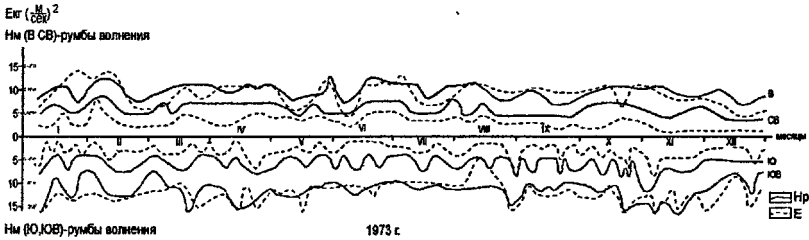


Рис. 9. Изменение энергии максимального воздействия и размеров зоны донных отложений, воспринимающих это воздействие в 1973 г. Условные обозначения: Нм - глубина моря в м, В, СВ, Ю, ЮВ - румбы волнения.

Полученные результаты показали, что:

1. Ширина зоны максимальных воздействий на литомассу соответствует системам третьего ранга и заключена между изобатами 2.5-13 м.
2. Восточному и северо-восточному румбам волнения соответствуют относительно низкочастотные колебания зоны с периодом - десятки дней.
3. Южному и юго-восточному румбам волнения соответствуют высокочастотные колебания зоны с периодом около 3-5 дней.

Расчеты волновых энергий, воздействующих на берег и определяющих вдольбереговое перемещение наносов, абразию и аккумуляцию в береговой зоне, позволили оценить соотношение потоков энергии - прямого, направленного в бухту Рудная, и вдольберегового - в зависимости от румба волнового воздействия по месяцам на примере 1973 и 1974 гг (рис. 10).

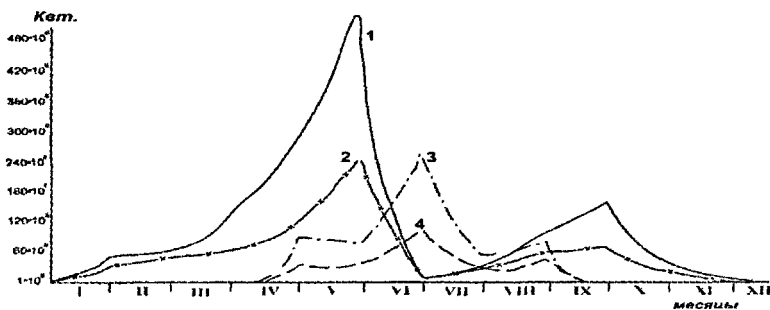


Рис. 10 Внутригодовое распределение суммарного накапливаемого потока энергии (кВт), направленного в бухту Рудная (1); вдольберегового при румбах волнения: южных - 1974 г. (2); северо-восточных - 1973 г. (3), 1974 (4).

Наибольшие потоки энергии бухта Рудная получает в мае-июне при волнениях юго-восточного румба. При этом гидродинамическому воздействию подвергаются и нижние горизонты подводного берегового склона. Диапазон волновых воздействий на дно и берега в значительной степени расширяется.

Меньшие по величине потоки энергии поступают в бухту при северо-восточных румбах волнения. «Импульс силы» приходится на середину июня или августа. Масштабы волновых воздействий ограничиваются в основном относительно узкой полосой прибрежной зоны.

Отметим некоторые общие черты рефракции волновых полей в прибрежной зоне Приморского экспериментального участка:

1. По степени выраженности рефракции все побережье подразделяется на два сравнительно контрастных типа: отмельные аккумулятивные берега в вершинах бухт и приглубые абразионные участки открытого побережья.

2. Присутствующие в пределах рассматриваемого участка открытые полуизолированные бухты относятся к типу приглубых у мысов и отмельных - в вершинах и существенной концентрации волновой энергии у мысов не наблюдается. Это под-

тверждают и расчетные коэффициенты рефракции (K_r), значения которых в среднем не превышают 1.14, тогда как в вершинах бухт происходит более интенсивное рассеивание волновой энергии (K_r до 0.3).

3. Существенные деформации волновых полей наблюдаются на подводном склоне внутренних частей крупных бухт исследуемого побережья, к которым относятся бухты Зеркальная, Рудная, Опричник. Из них наиболее сложным рельефом дна характеризуется бухта Рудная и как следствие - в ее пределах отмечаются наиболее интенсивные трансформации волновых полей.

Анализ волноэнергетического поля и течений береговой морфосистемы.

Распределение течений в бухте Рудной представляет собой очень изменчивую динамическую систему, которая, в свою очередь, зависит от целого ряда факторов и чутко реагирует на их малейшее изменение. К числу этих факторов относится речной сток и направление ветра, его скорость и особенности взаимодействия ветра с прибрежным рельефом бухты, подводным рельефом и морскими транзитными течениями.

Схема течений в бухте Рудная является результатом взаимодействия существующих стационарных морских течений, маломощная ветвь которых попадает в бухту, и стокового течения р. Рудной, которое делит общую циклическую ветвь на две циркуляционные ячейки - северную и южную. Поля дрейфовых течений характеризуются изменениями абсолютных скоростей от 25-30 см/сек до 65-70 см/сек при разных румбах ветроволнового воздействия.

Анализ течений и планов рефракции волн в бухте Рудной показывает следующее:

1. Она является как бы ловушкой волновой энергии, т.к. энергия, попадающая в бухту, вся, за редким исключением, диссипирует в ее пределах.

2. Основные статьи расхода волновой энергии приходятся на перемещение и истирание рыхлого материала, разрушение скальных пород, потери за счет внутреннего трения и трения о дно и т.д. Отсутствие вдольбереговых течений увеличивает роль и значение компенсационных течений, сила и емкость которых возрастает. Максимальное энергетическое воздействие, судя по положению зон сгущения

ортогонален при всех румбах рефракции, испытывает вершинная часть бухты в устье реки.

3. Внутренние углы бухты поочередно, в зависимости от изменения направлений волнения, располагаются в зоне "волновой тени". Однако южный борт бухты имеет более благоприятное положение с точки зрения приноса и отложения обломочного материала. Кроме того, на положение в пределах бухты зон сгущения и разрежения ортогоналей, а, следовательно, конвергенции и дивергенции волновой энергии оказывает влияние рельеф подводного берегового склона и продолжение русла реки Рудной. Таким образом, вдольбереговая составляющая волно-энергетического поля и особенности конфигурации береговой линии бухты определяют ее роль в основном как ловушки волновой энергии. За пределы бухты выброс части накапливаемой энергии происходит лишь при интенсивных штормах в виде компенсационных течений.

ГЛАВА 4. ЛИГОДИНАМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ БЕРЕГОВОЙ МОРФОСИСТЕМЫ

О процессах осадконакопления на подводном береговом склоне морей РФ имеется обширный материал, обобщенный в многочисленных статьях, сборниках, монографиях, но, к сожалению, литодинамические процессы, происходящие на побережье морей Дальнего Востока, изучены недостаточно полно. С 1972 г. по 1992 г. совместно с Тихоокеанским институтом географии географическим факультетом МГУ им. М.В.Ломоносова проводились комплексные морские геоморфологические исследования на Приморском экспериментальном полигоне по наблюдению за развитием литодинамических процессов (Игнатов и др., 1979, 1980, 1982, 1985, 2004; Игнатов, 1982, 2004).

Для выявления вдольбереговых потоков наносов и особенностей литодинамики нами (Игнатов и др., 1978) выполнен минералогический анализ пляжевых наносов и поверхностных донных отложений.

Анализ внешнего облика и характера распределения минералов на пляже бухты Зеркальная показывает, что лишь на одном участке пляжевый материал можно отнести к типичным морским наносам. Во всех трех других зонах преобладают

обломки пород, неустойчивые минералы и гидроокислы железа или тяжелая фракция отсутствует совершенно. Это свидетельствует о незрелости и дефиците отложений, поступающих из близко расположенных источников, например, абразионных обрывов, или за счет выносов реки.

По-видимому, вдольбереговой поток наносов на всем участке маломощный, прерывистый из-за существования "непропусков" в районах мысов. Очевидно, в каждой бухте формируется местный, локальный поток песчаного материала, получающий питание в основном из речных наносов.

В содержании и распределении тяжелых минералов в донных отложениях можно проследить тенденцию, аналогичную для пляжа. Анализ минералогического состава донных отложений показывает, что можно выделить две зоны обогащения наносов устойчивыми минералами на глубинах 4-7 м и 10-15 м.

Анализ петрографического состава и окатанности гальки в исследуемом районе показывает, что в береговой зоне Приморского экспериментального полигона действует фрагментарный пляжевый поток наносов, направленный с севера на юг. Активный гидродинамический режим способствует ускорению истираемости гальки и заполнению неровностей бухтовых береговых морфосистем галечными наносами в виде переям, береговых валов и "карманных" пляжей, прислоненных к береговым уступам абразионных дуг.

Подводный береговой склон на глубинах около 10-15 м находится в состоянии, приближенном к выработке профиля равновесия. Укрупнение наносов и ухудшение сортировки наносов подводного берегового склона на глубинах 30-35 м свидетельствует о том, что эта зона находится под воздействием гидродинамических факторов, различных по своим параметрам, направленности и режиму (стационарные течения и экстремальные волновые воздействия).

Определение элементов литодинамики методом "ЛМП". Для выяснения путей миграции песчаного материала и направленности потоков наносов в бухтах Рудная и Зеркальная был поставлен эксперимент с применением окрашенных люминесцирующих песков по методике, разработанной в Институте океанологии РАН (Айбулатов, 1966; рис. 11).

Сравнение схем распределения ЛМП на поверхности подводного склона бухт со схемой волновых течений дает возможность утверждать, что основным фактором, воздействующий на распределение песка по подводному склону, - вдольбереговые градиентные и разрывные течения, а также вынос рек.

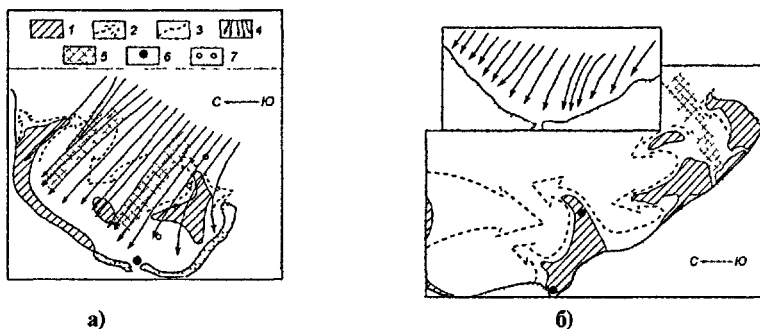


Рис 11. Схема распределения ЛМП и рефракции волн в а) полузакрытой и б) открытой бухте. 1-зоны повышенной концентрации, 2-направление потоков наносов, 3-линия берега, 4-направление волнового луча, 5-зона конвергенции волновой энергии, 6-место выброса ЛМП, 7-скважины бурения

Активный и деятельный слой штормовой переработки донных наносов. В.П.Зенкович и Б.А.Попов (1980) четко определили понятие «Активный слой» - это слой наносов, вовлекаемых в перемещение за время действия волнения и/или течения. Мощность (толщина) активного слоя зависит как от гидравлической крупности частиц, так и от интенсивности движения воды". При этом толщина его не превышает 20 см. По их мнению, активный слой - это придонный слой, в котором наносы движутся в виде взвеси.

Более широко в литодинамике закрепился термин "слой штормовой переработки" или "деятельный слой". По своей сути он является реакцией донных наносов на суммарное результирующее воздействие шторма той или иной силы и продолжительности. Это так называемые остаточные деформации донной поверхности на волновое воздействие. Именно эта реакция дает нам возможность определять элементы динамики береговой зоны и направленность берегоформирующих процессов (их знак). Однако при изучении динамических процессов БМС приходится сталкиваться с необходимостью разграничения этих двух понятий и определением степени их соподчиненности.

По нашим данным, **активный слой** включает в себя не только слой взвеси, но и наносов, приходящих в движение от действия фильтрационных волн, проникающих в грунт во время волнения, способствующих их транзиту и активизирующих донную абразию. Его можно рассматривать как реакцию фунта на передачу импульса давления волн (Игнатов, 1980; Игнатов и др., 1981).

Деятельный слой - это слой наносов, срезанный или накопленный в результате продолжительного суммарного действия одного или нескольких штормов за период наблюдений (Введенская, Игнатов и др., 1978). Применительно к БМС активный и деятельный слои имеют большое значение, т.к. определяют положение ее нижней границы.

В ходе эксперимента отобраны с применением вибропоршневой трубки ВПГТ-59 образцы донных отложений. Всего было взято 9 колонок фунта с ненарушенной структурой, из них отобрано 240 образцов с интервалами через 10-20 см. Анализ данных бурения позволяет сделать следующие выводы:

1. В отобранных образцах по данным ЛМП выделяются два слоя повышения интенсивности свечения относительно фонового, первый слой с ЛМП, толщиной 0,4-0,5 м и второй слой - более 2 м. с высокой интенсивностью свечения естественной фоновой составляющей.

2. С возрастанием глубины происходит постепенное выклинивание активного слоя (слоя, содержащего ЛМП).

3. На глубинах 5-12 м мощность активного слоя колеблется от 0,55 до 0,45 м при относительной концентрации ЛМП 3-4 ед.

4. Глубины 12-18 м характеризуются относительным уменьшением воздействия волнения на донные осадки, и мощность активного слоя понижается до 0,30 м, а концентрация ЛМП возрастает до 4-5 ед.

Результаты трех последовательных фунтовых съемок, проведенных с интервалом в год в бухте Рудная, позволили оценить **площадную изменчивость донных осадков** на глубинах до 35-40 м. Съемки проводились в годы (1973-75 г.г.), характеризующиеся неравномерностью в интенсивности аллювиального поступления материала. В течение двух крайних лет наблюдались сравнительно интенсивные

паводки, сопровождавшиеся сильными выносами в береговую зону (концентрация взвеси в устье составляла до 17 мг/л), а промежуточный год был малопаводочный, в течение которого объемы вынесенного в море материала оказались сравнительно малы. Сравнение результатов съемки за 3 года показало существенные изменения в составе донных осадков, формирующихся в течение беспаводочного и паводочных лет.

Таким образом, устанавливаются условия исключительно резкой динамичности, неравномерности поступления и распределения вещественного состава поверхностных донных осадков, вызванные циклическими импульсивными колебаниями твердого стока в БМС.

ГЛАВА 5. МОРФОДИНАМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ БЕРЕГОВОЙ МОРФОСИСТЕМЫ.

Гидрологические факторы играют большую роль в динамике берегов и влияют на темпы абразии. Однако в природных условиях неволновые факторы также влияют на процесс абразии. Они могут или замедлять отступление берега, или способствовать работе волн, ускоряя разрушение пород. Их роль и значение в рельефообразовании рассмотрены нами в ряде работ (Игнатов, 1970, 1971, 1972, 1982, 1987, 2004; Игнатов и др., 1979, 1992 и др.).

Для решения вопроса о том, какие факторы и в какой степени влияют на скорость абразии, проанализированы имеющиеся литературные материалы (Зенкович, 1946, 1962; Сафьянов, 1955, 1973; Есин, 1981; Есин, Савин, 1968, 1970; Шуйский, 1986; Каплин, Селиванов, 1999). Графически удалось выразить зависимость скорости абразии от высотного положения реперов по отношению к основанию клифа, изменение скорости абразии во времени, влияние морфологии береговой зоны на скорость отступления берега, а также зависимость скорости абразии от насыщенности потока частицами фунта (Игнатов и др., 1977, 1980, 2004).

По данным геолого-геоморфологических исследований Приморского экспериментального полигона определены прочностные свойства берегоформирующих пород и выявлена зависимость скорости абразии от их устойчивости.

Графики зависимости скорости абразии от устойчивости пород и возраста форм рельефа наглядно показывают тенденцию увеличения ширины бенча с уменьшением прочности пород и роста скорости абразии за 3 тысячи лет. 300 лет назад скорость абразии достигла максимального своего значения (58,3 мм/год на туфах липаритов) (рис. 12).

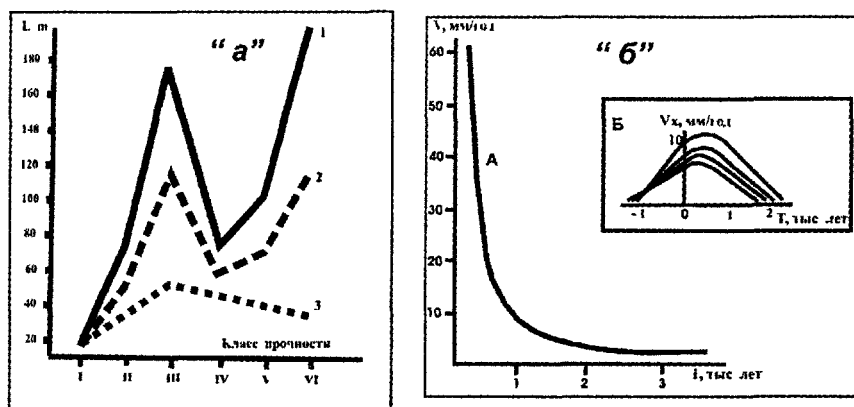


Рис. 12. Зависимость ширины бенча (L, m) от прочности (классы I–VI) берегоформирующих пород – “а” и скорости абразии ($V, мм/год$) от возраста бенча – “б” (на врезке по Н.В.Есину, 1981)

Динамика береговой линии выявлена методом совмещения имеющихся картографических материалов и данных промеров. За основу приняты Бринеровская карта батиметрической съемки 1908 г. и батиметрические карты 1973–75 г.г., составленные нами по данным точных эхолотных промеров, выполненных морским отрядом КВЭ. Имеющаяся информация позволяет оценить масштабы изменений береговой зоны изучаемого района за 65 лет.

Общие выводы: 1. Морфодинамические изменения БМС имеют свою индивидуальность, направленность и ритмичность. Они проявляются в виде морфометрических деформаций рельефа и зависят от активности и цикличности штормовых воздействий и развития гидро- и литодинамических процессов.

2. Функциональная зависимость БМС от внутренних и внешних факторов определяет ее развитие в целом и выражается в виде набора типичных признаков,

характерных точек и элементов, свойственных ее состоянию не только в качественно-количественном отношении, но и по форме геометрических описаний рельефообразующей поверхности.

3. Среди неволновых факторов динамики БМС большое значение имеют морфология рельефа, геологическое строение и прочностные свойства рельефообразующих пород. При этом наибольшая скорость абразии наблюдается на берегах, имеющих клиф с узким прислоненным пляжем, прикрывающим бенч в приурезовой части. Скорость абразии возрастает при действии ненасыщенного потока наносов. Среди вулканических пород наиболее устойчивы к абразии монолитные базальты, андезитобазальты, а также витродациты и витролипартиты. Максимальные скорости разрушения испытывают берега, сложенные туфами липаритов (до 58 см/год), туфолавами и туфобрекчиями (от 10 до 33 см/год). С возрастом (1-1,5 тыс. лет), по мере выработки абразионного профиля равновесия абразионные процессы затухают.

4. Анализ изменений подсистемы береговая зона бухтовой БМС в XX столетии показывает, что идет постепенное наращивание берега в вершинах бухт (от 140 до 250 м) и отступление береговой линии на мысах (до 20 м). На подводном склоне в приурезовой полосе до глубины 5 м идет аккумуляция наносов (около 38 мм/год), на глубинах от 5 до 10-метровой изобаты наблюдается периодически размыв подводного склона, а на глубинах свыше 10 м идет процесс устойчивого осадконакопления со скоростью 77 мм/год. Таким образом, БМС в настоящее время находится в условиях относительной стабилизации гидродинамических процессов и испытывает тенденцию к выравниванию контура береговой линии. Процесс выравнивания активизировался в последнее тысячелетие.

ГЛАВА 6. ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ БЕРЕГОВЫХ МОРФОСИСТЕМ

Дальневосточные геологи (Юг Дальнего Востока, 1972) считают, что к началу плейстоцена береговая линия Японского моря располагалась в пределах современного шельфа, у его внешней границы. Несомненно, что в течение плейстоцена на шельфе Приморья несколько раз сменялись трансгрессивные и регрессивные режимы. В ходе фландрской трансгрессии на шельфе Приморья сформировалась сложно построенная толща голоценовых отложений, морские воды вторглись по переуглубленным в плейстоцене устьям долин в пределы суши и образовали вдоль побережья Приморья целый ряд ингрессионных бухт. Так возник берег, представляющий собой чередование высоких абразионных участков с открытыми бухтами, приуроченными к устьям рек. (Каплин, 1976, 1978, Короткий, 1976, Мечетин, 1988, Селиванов, 1996, Свиточ, 2003).

Анализ данных НСП показывает (Игнатов, 2004), что:

1. Формирование осадочного покрова происходит за счет внутренних поступлений терригенного материала (абразия берегов, склоновые поступления и аллювий рек), при этом вынос собственного материала на соседние участки побережья отсутствует или очень мал.

2. Мощность наносов возрастает от мысов к центрам бухт, что сопровождается отступанием изобат и снижением крупности осадков в сторону моря.

3. Особенностью участков данной группы, характеризующихся большим коэффициентом аллювиальной нагрузки, является площадное распространение глинистых и алевритовых илов, которые располагаются в центральных частях бухт, в зонах встречи боковых потоков наносов, направленных от мысов, окаймляющих бухты. Эта характерная черта четко проявлялась в период голоценовой трансгрессии при положении уровня моря выше современного.

4. Бухты с большим коэффициентом аллювиальной нагрузки в целом отличаются повышенными мощностями голоценовых морских накоплений, тогда как на участках с малой величиной этого коэффициента мощность осадков обычно не

превышает 4-8 м. За створами входных мысов в зоне действия постоянного течения состав осадков соответствует их общему для всего района характеру распределения на данных глубинах.

Структура эволюционной сети БМС Приморского полигона.

Анализ палеогеографической информации в сопоставлении с особенностями современной морфодинамики, обусловленной сезонной и межгодовой спецификой гидродинамического режима, позволяет произвести районирование береговой зоны Приморского полигона. Выделенные участки характеризуются определенными морфо-, лито-, гидродинамическими факторами (табл. 7).

Таблица 7

Структура эволюционной сети береговых морфосистем Приморского экспериментального полигона.

Стадия развития	Типы береговых морфосистем					
Начальная и юности до 1000 лет	бухтовые абразионно-денудационные (Нерпа)	аккумулятивные бухтовые (Зеркальная)	открытые абразионные (мыс Черная Скала)	бухтовые абразионно-денудационные	аккумулятивные бухтовые (Рудная)	Открытые абразионные (мыс Китовое ребро)
Зрелости 1000-10000 лет	Абразионно-аккумулятивная дуга (от мыса Южный до мыса Черная Скала)			Абразионно-аккумулятивная дуга (от мыса Черная Скала до мыса Китовое ребро)		
Старости 10000-100000 лет	Морфогенетическая система шельфа (между мысами Южный - Китовое ребро)					
Отмирания	Смена фазы абразии на аккумуляцию (включая открытые абразионные БМС)					

Как показывают выполненные исследования внутри абразионно-аккумулятивных дуг профиль равновесия может вырабатываться за первые годы ингрессии моря в долины рек, а на мысах на этот процесс потребуется не одна сотня (а может быть и тысяча) лет.

Оценивая палеогеографическую обстановку необходимо отметить, что:

1. Формирование БМС Приморского экспериментального полигона Японского моря происходило на протяжении относительно длительного этапа плейстоцен-голоценовой истории в условиях неоднократно менявшегося относительного положения уровня моря.

2. На фоне поэтапного становления рельефа своей стадии старости достигло БМС, сформировавшееся при среднем положении уровня Японского моря, когда он был близок к отметкам глубин 40-50 м. По самым оптимистическим подсчетам на

это ушло от 20 до 50 тысяч лет (суммарно по продолжительности при нескольких возвратных трансгрессивно-регрессивных ритмах).

3. Современные БМС находятся на ранних этапах своего развития и в 21 веке каких-либо существенных преобразований в них не произойдет.

4. Молодость БМС свидетельствует о быстром и кратковременном (катастрофическом) подъеме уровня моря, который привел к повышению базиса эрозии и значения коэффициента аллювиальной нагрузки, но не привел к существенной абразионно-денудационной переработке первичного рельефа.

5. По мере подъема уровня моря происходило дробление формировавшихся старых БМС на более мелкие до локальных мелководных систем.

6. БМС с реками VI-VII и более порядков испытали становление при среднем регрессивном положении уровня моря (40-50 м), около 40 тыс. лет назад.

7. БМС с водотоками I-IV порядков приобрели современный облик и структуру за последние 5-6 тыс. лет, когда уровень моря 4 раза занимал положение, близкое к его современному с общей продолжительностью действия около 2-2,5 тыс. лет. Даже при самых скромных скоростях абразии (5-10 мм) за этот срок мог сформироваться бенч шириной от 100 до 250 м, что и подтверждается морфологией современного рельефа.

ГЛАВА 7. ЭВОЛЮЦИЯ БЕРЕГОВЫХ МОРФОСИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ СОВРЕМЕННЫХ ТРАНСГРЕССИВНО-РЕГРЕССИВНЫХ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ.

Анализ палеогеографических данных и исторических сведений (Леонтьев и др., 1977; Рычагов, 1977; Варущенко и др., 1980; Игнатов, 2001) позволил определить продолжительность циклов развития Каспийских берегов за последние 2000 лет по фазам "суша - море". Самыми кратковременными (от 45 до 300 лет) были периоды стояния уровня моря на отметках -34 и выше -26 м абс. соответственно. Естественно, что за такой короткий отрезок времени море не могло произвести существенных преобразований в береговом рельефе.

Чаще всего и достаточно продолжительное время (около 1000 лет) уровень Каспия располагался на отметках между -29 и -27 м абс. За этот период рельеф бе-

реговой зоны мог испытать существенные преобразования, и БМС могли преодолеть фазу юности и перейти на стадию относительной зрелости с хорошо выработанными профилями равновесия и уклонами подводного берегового склона, по которым и происходят в последующем все миграции уровня моря и сопровождающие этот процесс берегоформирующие явления.

Динамика российских берегов Каспийского моря в связи с современной трансгрессией изучалась нами особенно детально на всех фазах регрессивно-трансгрессивных колебаний уровня Каспия под руководством и по поручению О.К.Леонтьева (Игнатов, 1969, 1970, 2002, 2004; Игнатов и др., 1989, 1990, 1992, 1998,2001; Сафьянов и др., 1994,1997; Ignatov etc, 1993, 2000).

Анализ динамики берегов Каспия показывает, что существует неполное совпадение регрессивных и трансгрессивных режимов моря с циклами развития береговых процессов. Регрессивному режиму соответствует аккумулятивный цикл. Однако размыв аккумулятивных форм Каспия начался в 60-х годах, когда уровень моря еще снижался. Одной из причин активизации абразии могла быть народнохозяйственная деятельность: сооружение водохранилищ на реках, строительство сети мелиоративных каналов, что сократило речной сток и послужило причиной возникновения дефицита наносов в береговой зоне моря. В то же время была и естественная причина смены аккумулятивного цикла на абразионный. При понижении уровня моря происходит размыв подводного берегового склона и его размыв. Однако при этом зона его размыва перемещается мористее, захватывая участки, где накапливались ранее в трансгрессивную фазу илистые осадки и таким образом истощаются запасы наносов тех фракций, из которых строятся аккумулятивные формы. Цикл развития береговых процессов той или иной направленности занимает сравнительно короткий промежуток времени. Около 30 лет (с 1929 по 1960-е гг.) потребовалось на то, чтобы процесс аккумулятивного развития берега исчерпал себя.

Эволюция БМС на фоне современных колебаний уровня моря

С 1979 г. на учебно-научной базе МГУ "Турали-7" организованы и проводятся (сотрудниками и студентами географического факультета МГУ при непосред-

венном участии Е.И.Игнатова и под его научным руководством) ежегодные стационарные наблюдения за развитием эрозионных и эоловых процессов на суше в приморской части и за морфодинамикой береговой зоны. Работы проводились вплоть до 2004 г. Они опирались на повторные наблюдения и инструментальную съемку Туралинского стационара в пределах участка от мыса Сатун до мыса Бакай-Кичлик. Сопоставление этих материалов с данными положений береговых линий в 1939, 1950-1954 и 1972-1977 годах, полученных путем дешифрирования аэрофотоснимков и анализа топокарт прежних лет, позволило сделать некоторые новые заключения о динамике рельефа в этом районе как на период понижения уровня моря, так и на современном трансгрессивном этапе 1977-2004 гг. (Игнатов, 1986, 1990, 2002, 2003; Игнатов, Лукьянова, Соловьева, 1989, 1990, 1991; Игнатов, Каплин, 1992; Игнатов, Огородов, 1998).

В частности, отметим, что развитие берегов Каспийского моря, сложенных рыхлыми отложениями, в период экстремально высоких скоростей трансгрессии определяются не только уклонами подводного берегового склона и их соотношением с уклонами прилегающей суши. Не менее важным фактором развития таких берегов является эффект инерционного запаздывания перестройки профиля подводного берегового склона. В случае стабилизации уровня Каспийского моря развитие большей части берегов, особенно отмелей, некоторое время продолжится по трансгрессивному типу, а отступление береговой линии будет иметь место до тех пор, пока не реализуется потенциал, накопленный в период трансгрессии, и не восстановится профиль равновесия подводного склона.

Таким образом, из анализа результатов стационарных наблюдений следует, что колебания уровня моря приводят к эволюционным преобразованиям БМС и последствиям, которые необходимо учитывать при народнохозяйственной деятельности и природопользовании.

Регулирование режима хозяйственной деятельности в пределах БМС в условиях изменяющегося положения уровня моря

Для определения стратегии хозяйственной деятельности в пределах береговых морфосистем в условиях современных периодических и прогнозируемых колебаний уровня моря, управления использованием и охраной природных ресурсов, регулирования режима хозяйственной деятельности, безопасного расселения жителей, а также принятия эффективных мер инженерной защиты в прибрежной полосе важное значение имеют работы по установлению границ территории, находящейся в зоне периодического затопления и подтопления.

В 1992 г. по заказу Роскомвода географический факультет МГУ составил карту территории особого режима хозяйственной деятельности в зоне периодического затопления и подтопления Российского побережья Каспийского моря масштаба 1: 300 000 (Игнатов, Кочемасов, 2001). Эта карта явилась основным документом при разработке и принятии правительственно-административных решений об установлении границ территорий особого режима хозяйственной деятельности на побережье Каспийского моря в пределах РФ.

Особый режим хозяйственной деятельности на территории Астраханской области, республики Дагестан и Калмыкия установлен с целью защиты населения и уменьшения ущерба хозяйству, обеспечения комплексного использования и охраны природных ресурсов и предотвращения загрязнения морской среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. БМС - это участок береговой зоны с примыкающей сушей и морской акваторией, состоящий из подсистем, находящихся в постоянном взаимодействии и единым массообменом, ограниченный морфологическими, гидро- и литодинамическими барьерами.

2. БМС как открытая саморазвивающаяся система подразделяется на подсистемы приморье, береговая зона и взморье, которые в ходе современного рельефообразования обмениваются потоками вещества и энергии. От других береговых морфосистем того же иерархического уровня целостная береговая морфосистема отделена дивергентными линиями, разделяющими направления в движении скло-

новых, русловых и морских вдольбереговых потоков.

3. В БМС соотношение способов перемещения потоков вещества не остается постоянным: характер их взаимодействия заметно изменяется при переходе от склонов приморья к береговой зоне. На этой границе нисходящее их движение изменяется на горизонтальное и включается во вдольбереговое перемещение наносов береговой зоны и взморья. Граница береговой зоны и взморья проходит по поверхности подводного склона, отделяя вдольбереговые потоки от потоков, действующих на взморье и создающих покровные образования.

4. Своеобразие гидродинамики БМС состоит в том, что в зависимости от конфигурации береговой линии она может служить ловушкой волновой энергии с образованием внутрибухтовых циркуляционных ячеек.

5. Подсистема береговая зона является центральной в БМС и представляет зону релаксации береговых процессов. Изменения масштабов процессов, происходящих в береговой зоне, или положения уровня моря (абсолютного базиса эрозии) вызывают прямую и обратную реакцию подсистем приморья и взморье. Основными индикаторами состояния подсистемы береговая зона являются активный и деятельный слои штормовой переработки.

6. Рельеф БМС Приморья испытал сложную историю развития в позднем плейстоцене и голоцене в связи с трансгрессивно-регрессивными колебаниями уровня Японского моря. В ходе фландрской трансгрессии на подводном склоне сформировалась сложно построенная толща голоценовых отложений из песчано-алевритовых осадков волнового поля, плащеобразно залегающих на донной поверхности от уреза до 20-30 м глубины моря с повышенными мощностями у мысов и в палеодолинах рек.

Реконструкции палеорельефа Приморского полигона показывают, что наибольшую переработку испытала подсистема «взморье» в период от 50-40 до 8-7 тысяч лет т.н., когда уровень моря располагается на глубине от 50-40 до 12-6 м. К этому времени береговые палеоморфосистемы достигли зрелой стадии развития с выровненными берегами и протяженными аккумулятивными валами. Их эволюция в ходе фландрской трансгрессии шла по схеме, отличной от схемы Джонсона-

Зенковича, и БМС эволюционировали от зрелых, сформировавшихся - к юным, со слабо измененным первичным рельефом затопляемой суши.

7. В развитии и эволюции БМС Туралинского стационара по мере подъема уровня Каспийского моря к отметкам -25 -26 м абс. все большее значение приобретает геологическая структура: особенности морфоструктурного плана подтапливаемой и затопляемой территории, прочностные свойства берегоформирующих материнских пород, мощность и распределение чехла рыхлых отложений в приурезовой полосе, а также контур береговой линии в сочетании с простираем и падением размываемых пластов сарматских известняков, песчаников и конгломератов или хазарских ракушечников. По ходу трансгрессии БМС эволюционируют по направлению их деградации и дробления на БМС низких порядков от геоморфологических систем шельфа с устойчивыми литодинамическими системами, с глобальными или региональными потоками наносов к локальным литодинамическим системам с фрагментарными потоками.

8. В общем виде эволюция БМС на фоне колебаний уровня моря происходит по следующей схеме. В регрессивную фазу в подсистеме «приморье» активизируются эрозионные процессы, растут глубинная и попятная эрозии за счет понижения абсолютного базиса эрозии, и затухают склоновые процессы. Подсистема береговая зона расширяется и наступает на подсистему взморье, где наблюдается размыв подводного склона. В приурезовой части формируется система причлененных береговых валов и развиваются эоловые процессы, формируются региональные системы потоков наносов и идет выравнивание контура береговой линии. В трансгрессивную фазу происходит подъем базиса эрозии и затухание процессов попятой и глубинной эрозии, вместе с тем, подрезание конусов выноса приводит к активизации склоновых процессов, формируются берега лагунного типа и ингрессионные приустьевые лиманы.

9. БМС морей и океанов в настоящее время испытывают повсеместное увеличение антропогенной и техногенной нагрузки, которая прямо или косвенно сказывается на развитии природных береговых и шельфовых систем. Виды этих воздействий разнообразны, разномасштабны и разнонаправлены, что значительно услож-

няет охрану природных объектов, делает эти процессы необратимыми, из-за чего утрачиваются безвозвратно многие участки БМС, благоприятных для жизни человека и природопользования.

Необходимо выбрать оптимальный режим природопользования и разработать широкий комплекс генеральных, региональных и локальных защитных мероприятий с учетом процессов релаксации и адаптации, происходящих в БМС. Кроме того, необходимо определить и юридически закрепить в их пределах территории особого режима хозяйственной деятельности.

Основные научные результаты изложены в монографиях:

1. Игнатов Е.И. **Береговые морфосистемы.** - Смоленск: Маджента, 2004. 362 с. (Рецензенты - доктора географических наук А.А.Свиточ, Л.А.Жиндарев, А.О.Селиванов).
2. Игнатов Е.И., Лохин М.Ю., Никифоров А.В., Фроль В.В. **Геоморфология бухтовых берегов и подводного склона Приморья Японского моря».** Смоленск: Маджента, 2004. - 192 с. (Рецензенты - доктора географических наук П.А.Каплин, А.А.Свиточ, Р.К.Клиге),

в статьях, опубликованных в рекомендованных ВАК журналах:

3. Игнатов Е.И. **О работе Советской Антарктической экспедиции.** // География в школе. - 1969. № 6. - С. 25-29.
4. Игнатов Е.И. **Древние береговые линии на дне Каспийского моря** // Вести. Моск. ун-та. Сер. 5. География. - 1970. № 3. - С. 69-73.
5. Игнатов Е.И. **Распределение карстовых форм в связи с особенностями морфоструктурного плана территории** Вести. Моск. ун-та. Сер. 5. География. - 1971. - № 6. - С. 28-32

Кроме того, содержание диссертации отражено в следующих публикациях:

6. Петров И.Г., Игнатов Е.И., Чиковский С.С. **Гидрографическая характеристика прибрежной части мыса Мабус и о. Строителей** // Бюллетень САЭ, 1967. №64.-С.28-30.
7. Игнатов Е.И. **Формирование морфоструктуры островного шельфа тропического моря**//Геоморфология. МФГО, М., 1972. - С. 63-66.
8. Игнатов Е.И. **Характеристика строения речных долин низкогорных тропических областей на примере Юго-западной Кубы** // Вопросы геоморфологии. МФГО. М.. 1974. - С.193-206.

9. Введенская А.И., Игнатов Е.И., Проходский И.С., Робсман В.Л. Мошность слоя штор-мальной переработки осадков верхней части шельфа Японского моря//Геоморфология и палеогеография рельефа, М.; Наука, 1978. - С. 98-107.
10. Игнатов Е.И., Проходский И.С., Туркова М.Б. Динамика наносов в бухте Зеркальной Японского моря по данным минералогического анализа // Механическая дифференциация твердого вещества на континенте склоне и шельфе. М.: Наука, 1978. - С. 90-96.
11. Игнатов Е.И., Фукс Б.К. Изучение рельефа морского дна с применением фазового гидролокатора бокового обзора.// Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. -1978. № 4 - С. 101-106.
12. Игнатов Е.И., и др. Определение элементов литодинамики методом люминесценции меченых песков на побережье Японского моря //Океанология. М.; 1979. - Т.ХІХ, вып.1,- С.181-185.
13. Игнатов Е.И., Тулупов И.В. Геоморфологическое районирование берегов Приморья для оценки предупреждения стихийных бедствий.// Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. - 1979.- № 4. -С.25-32.
14. Игнатов Е.И. и др. Антропогенное воздействие на гидрологический режим устьевых участков рек Среднего Приморья//Мониторинг и прогноз измен. окр. среды на террт. УССР, Харьков, 1979. - G55-56.
15. Кочемасов Ю.В., Игнатов Е.И., Волкова Н.А. Анализ факторов экзогенного рельефо- и осадкообразования в заливе Петра Великого. Дел. ВИНТИ, 1980. - № 40,4380. - С. 93-102.
16. Брюханов А.В., Гельман Р.Г., Игнатов Е.И., Книжников Ю.Ф. Новые методы картометрических исследований береговой зоны// Береговая зона моря. М.; Наука, 1981. - С.156-166.
17. Игнатов Е.И., Литвак А.И., Сухов С.С. Эксперимент по определению активного слоя наносов прибрежной зоны с применением тензометрических датчиков// Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. - 1981.- № 1. - С.97-98.
18. Игнатов Е.И. и др. Методика аналитической оценки гидро- и литодинамических условий и поиска участков донной поверхности, благоприятных для создания хозяйств маррикультур в заливе Петра Великого//Деп. ВИНТИ (МГУ, Географический ф-т), 1981. - №61-81. - 65 с.
19. Игнатов Е.И., Робсман В.А. Задачи математического моделирования береговой морфосистемы.//Вопросы географии, № 119, Морские берега, М.; Мысль, 1982. - С.40-54.
20. Игнатов Е.И. Морские россыпи. Россыпи шельфаУ/Воскресенский С.С. Геоморфология россыпей, М.; изд-во МГУ, 1982, - С. 164-192.
21. Игнатов Е.И. К вопросу о возможности постановки непрерывных наблюдений динамики активного слоя донных наносов//Проблемы транспорта накосов в береговой зоне моря. Тбилиси. Изд-во Тбил. Ун-та, 1983. - С. 36-38.
22. Игнатов Е.И., Жулева Е.В., Шишкин А.Н. Люминесценция естественного фона морских отложений как индикатор литодинамики.// Геология и геоморфология шельфов и материковых склонов. М.: Наука. 1985. - С.148-153.

23. Игнатов Е.И. Геоморфологическое картографирование при исследованиях и поисках морских россыпей // Геоморфологическое картографирование для народнохозяйственных целей. М.: Изд-во МГУ, 1987. - С.80-86.
24. Игнатов Е.И., Кленов В.И. Имитационное моделирование морфодинамических процессов бухтового берега // Моделирование геосистем для рационального природопользования. Кишинев: Штиинца. 1988. - С.24-25.
25. Игнатов Е.И., Лукьянова С.А., Соловьева Г.Д. Современное состояние берегов Каспийского моря/Рекреационные ресурсы Каспийского моря: проблемы использования и охраны. М.; Наука, 1989. - С.3-18.
26. Зайцев Г.А., Игнатов Б.И., Поспелова Е.Б. Растительность как индикатор динамического состояния берегов//Теоретические проблемы развития морских берегов. М.; Наука, 1989.-С.140-154.
27. Игнатов Е.И., Соловьева Г.Д. Оценка рекреационных ресурсов береговой зоны Дагестана//Вопросы геологии и геоморфологии Каспийского моря. М.; Наука, 1990. - С. 77-87.
28. Балашов В.М., Игнатов Е.И., Киселев В.В., Молчанова Л.В. Сезонная динамика природных комплексов Дагестанского побережья Каспийского моря // География и природные ресурсы, 1991. - № 2. - С.107-113.
29. Каплин П.А., Игнатов Е.И. ТЭД "Каспий", М.; Экопрос, 1992. -48 с
30. Игнатов Е.И., Лукьянова С.А., Соловьева Г.Д. Сравнительный анализ распределения типов берегов Каспийского моря при современных экстремальных положениях его уровня// Эволюция берегов в условиях поднятия уровня океана. М.; 1992. - С.83-92.
31. Игнатов Е.И., Каплин П.А., Лукьянова С.А., Соловьева Г.Д. Влияние современной трансгрессии Каспийского моря на динамику его берегов.//Геоморфология, 1992.-. № 1. - С.12-21.
32. Ignatov E.I., Kaplin P.A., Lukyanova S.A., Solovieva G.D. Evolution of the Caspian Sea Coasts Under Conditions of Sea-level Rise: Model for coastal Change Under Yncreasing "Greenhouse Effect". Yournal of Coastal Research, 1993, - №9.- P. 104-111.
33. Сафьянов Г.Л., Игнатов Е.И. Динамика и проблемы устойчивости берегов Каспийского моря//Мелиорация и водное хоз-во, 1994. -№ 1. - С.31-33.
34. Сафьянов Г.А., Лукьянова С.А., Игнатов Е.И. Геоморфология и динамика береговой зоны российского побережья Каспийского моря.//Геоморфологин, 1994.- № 2. - С. 108-114.
35. Диденко М.Г., Игнатов Е.И., Фроль В.В. ГеоморфаЮИческий анализ цунамиопасных районов. М.; 1995. - 150 с.
36. Сафьянов Г.А., Игнатов Е.И., Шпилова Л.М. Динамика береговой зоны.//Геоэкологич. измен. при колеб. уровня Каспийского моря.//Геоэкология Прикаспия. вып.1, М.; изд-во МГУ, 1997.- С.87-113.
37. Игнатов Е.И. Огородов С.А. Морфодинамика берегов Каспийского моря в условиях колебания уровня// Изв. РГО, 1998. - т.130, вып.6. - С. 27-38.

38. Игнатов Е.И., Огородов С.Л., Сафьянов Г.А. Особенности морфодинамики аккумулятивных берегов Каспийского моря на современном этапе //Геоморфология, 1999.- №1. - С. 56-63.
39. Игнатов Е.И. Эволюция береговых морфосистем.//Геоморфология на рубеже XX века (труды). М.; изд-во Географ, ф-т МГУ, 2000. - С. 149-153.
40. Ignatov E.I., Solovieva G.D. Geomorphology of Sonyhern (Izerbaijan) and Coastal Responses to the Caspian //Transgression Dynamic Earth Environments. John Wiley and Sons. J nс New York. Toronto. 2000. - PP. 221-229,267-268.
41. Ignatov E.I., Kronenberg S.B., Badyukova E.N. A full sealevel cycle in 65 years: barrier dynamics along Caspian shores// Sedimentary Geology, 134.2000,- PP. 257-274.
42. Игнатов Е.И., Чистов С.В. Эколого-геоморфологическая оценка побережья и дна Керченского пролива в связи с решением транспортных проблем. //Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование шельфа, 2001. - вып. 8.-С.163-177.
43. Игнатов Е.И. Эволюция береговых морфосистем в связи с современными трансгрессивно-регрессивными колебаниями уровня Каспийского моря// Береговая зона морей, озер и водохранилищ, т. 1, Новосибирск, Наука, 2001. - С. 25-35.
44. Игнатов Е.И., Сафьянов Г.А. Карта динамики российских берегов Каспийского моря // Береговая зона морей, озер и водохранилищ, т. 1, Новосибирск, 2001. - С. 177-183.
45. Игнатов Е.И., Кочемасов Ю.В. Каріа территорий особого режима хозяйственной деятельности в зоне периодического затопления и подтопления побережья Каспийского моря в пределах Российской Федерации//Береговая зона морей, озер и водохранилищ, т. 1, Новосибирск, 2001. - С.195-200.
46. Игнатов Е.И., Рычагов Г.И. Туралинская (Дагестанская) станция//Учебно-научные географические станции вузов России. М.; 2001. - С.197-227.
47. Игнатов Е.И. Динамика морских берегов Дагестана в XX веке. //Гаюценные колебания уровня моря и биологическое разнообразие в бассейне Каспия. Махачкала, 2002. - С43-52.
48. Игнатов Е.И. Береговые морфосистемы/УЭкологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование шельфа. Вып. 9, Севастополь, 2003. - С. 178-200.
49. Коротаев В.Н., Михайлов В.Н., Игнатов Е.И. Волго-Каспийский канал в устьевой области Волги: прошлое, настоящее, будущее// Висник Одеського нац. Ун-ту., 2003. - т. 8, ВЫП.11.-С.172-198.
50. Иванов В.А., Игнатов Е.И., Чистов С.В. Происхождение, история развития и динамика косы Тузла//Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2004.- Вып. 10. - С.198-206.
51. Игнатов Е.И., Симонов Ю.Г., Симонова Т.Ю. Анализ береговых морфосистем//Рельефообразующие процессы: теория, практика, методы исследования. Новосибирск-2004.- С.351-353.

Подписано в печать 11.01.2005
Объем 2.0 усл.пл.
Тираж 100 экз. Заказ № 224
Отпечатано в ООО «Соцветие красок»
119992 г.Москва, Ленинские горы, д.1
Главное здание МГУ, к. 102

22 ФЕВ 2005

23