

Агаркова-Лях И.В., Скребец Г.Н.
МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ МОРЯ

Контрастность суши и моря в береговой зоне и их активное вещественно-энергетическое взаимодействие позволяют рассматривать береговую зону в качестве яркого примера парагенетического ландшафтного комплекса. Применение парагенетического подхода для осуществления экологического мониторинга в береговой зоне дает возможность оценить экологическое состояние береговой зоны на основе изучения вещественных потоков между сушей и морем.

Вопросы, связанные с организацией экологического мониторинга освещены в современной научной литературе достаточно детально и полно [1]. Однако мониторинговые исследования береговой зоны моря имеют свои методические особенности, касающиеся как выбора параметров слежения, так и в целом организации натурных наблюдений. Определяется это, прежде всего, специфическими свойствами береговой зоны как экосистемы, формирующейся на стыке сильно контрастных сред и состоящей из двух основных частей – наземной и подводной. В современном ландшафтоведении такой тип природных образований получил название парагенетических ландшафтных комплексов (или систем), единство которых основывается не на однородности природных компонентов, а на контрастности входящих в них смежных ландшафтных комплексов, связанных друг с другом вещественно-энергетическими потоками [2-4]. Очевидно, что отмеченное важнейшее свойство береговой зоны нужно учитывать и при контроле ее экологического состояния.

В связи с этим, экологические исследования и мониторинг береговой зоны моря должны предусматривать возможность решения двух основных задач: 1) установление связей моря и суши посредством анализа вещественно-энергетических потоков; 2) изучение строения экосистемы береговой зоны, ее функционирования и антропогенной трансформации.

Для решения этих задач необходимо формирование банка данных, содержащего обширную базовую и оперативную информацию, которую можно сгруппировать соответственно основным элементам экосистемы береговой зоны следующим образом:

1) Геолого-геоморфологическая группа.

А. Тектоника

а) **тектоническая морфоструктура**, соответствующая данному участку побережья, определяет направление развития берега и тип вещественного обмена между сушей и морем.

Участок берега может быть образован морфоструктурами нескольких типов, которые формируют различные типы берегов. Важное значение имеют размер и форма морфоструктуры, соотношение направления простирания тектонических структур с направлением береговой линии, а также наличие тектонических разломов. Тектонические разломы на материковом склоне могут способствовать формированию подводных каньонов, вторгающихся своими верховьями в береговую зону. По каньонам пляжный материал перемещается за пределы береговой зоны.

б) **направление и интенсивность новейших и современных тектонических движений** определяют характер и скорости обмена веществом в береговой зоне в направлении: суша → море или море → суша

Так, зоны опускания характеризуются аккумуляцией или седиментацией осадочного материала – в таких условиях, как правило, формируются аккумулятивные берега; зоны поднятия характеризуются замедленной или отрицательной седиментацией – здесь выходят на поверхность коренные породы и распространены абразионные берега; стабильные зоны характеризуются нейтральным балансом осадков и здесь формируются устойчивые берега (скорости аккумуляции = скоростям абразии).

в) **деятельность вулканов** может служить источником поступления вещества в береговую зону, накоплению вулканических пород и образованию вулканических форм рельефа (вплоть до вулканических островов).

Б. Геология

а) **геология клифа (берегового откоса) и бенча** определяет устойчивость берегов и подводного склона по отношению к морским гидродинамическим и экзогенным геологическим процессам.

Устойчивость горных пород контролирует формирование вещественных потоков, их интенсивность, мощность и состав, что, в конечном итоге, характеризует вещественный обмен между сушей и морем.

б) **активность геологических процессов** (обвалы, оползни, осыпи, абразия, эрозия и т.д.), спектр и интенсивность которых определяется устойчивостью горных пород, гидродинамикой и гидроклиматическими условиями.

Эти процессы обеспечивают поставку огромных объемов вещества с суши в море. Определение их скоростей, объемов образующегося при этом вещества, дает возможность качественно и количественно оценить обмен веществом между сушей и морем.

В. Геоморфология

а) **геоморфологический профиль береговой зоны** (надводная терраса – клиф – пляж – бенч – подводная терраса) оказывает непосредственное воздействие на особенности гидродинамики и интенсивность воздействия морских волн на берега.

Описанию подвергаются следующие параметры: уклоны подводного склона и крутизна клифа (бере-

гового откоса), высота клифа и глубина моря, форма профиля отдельных участков береговой зоны, ширина абразионной террасы и протяженность клифа и др. При наличии клифа/берегового откоса определяют его функции в береговой зоне - активный или отмерший.

Крутизна, глубина/высота и форма подводного берегового склона/клифа влияют на интенсивность геологических процессов в береговой зоне, а следовательно, и на потоки вещества, образующиеся в результате их деятельности. К примеру, отмелые подводные склоны характерны для аккумулятивных берегов и способствуют накоплению вещества в береговой зоне; крутые присущи абразионным берегам и характеризуются выносом вещества из береговой зоны. Влияние крутизны клифа (берегового откоса) на потоки вещества в береговой зоне имеет следующие закономерности: при равных геологических и гидродинамических условиях, чем больше крутизна склона, тем выше скорости абразии и объемы снесенного вещества.

б) **расчлененность рельефа побережья** влияет на ландшафтное разнообразие береговой зоны.

Чем сильнее расчлененность береговой зоны, тем шире спектр формируемых здесь подводных и сухопутных ландшафтов. Кроме того, расчлененность рельефа, вместе с гидроклиматическими условиями (осадки, поверхностный сток и т.д.), обуславливают поступление в береговую зону дополнительных потоков вещества (с речным стоком, селевыми потоками и др.).

в) **контур или форма береговой линии** может влиять на процессы абразии/аккумуляции в береговой зоне. Известно, что на мысах происходит концентрация энергии морских волн и развиваются абразионные процессы, в бухтах энергия рассеивается и идут процессы аккумуляции.

Изменение угла подхода морских волн к берегу вследствие смены направления (ориентировки) берега может способствовать разгрузке вдольбереговых потоков наносов и аккумуляции материала.

г) **формы подводного и берегового рельефа** могут выступать индикаторами характера вещественного обмена в береговой зоне. Так, присутствие аккумулятивных форм рельефа (валы, гряды и т.п.) указывает на накопление вещества в береговой зоне, абразионных (ниши и т.п.) – на его вынос.

Г. Палеогеография

а) **наличие погруженных форм древнего субаэрального рельефа, свидетельствует о совместном палеогеографическом развитии суши и моря.**

2) Литофациальная группа.

а) **высота/мощность отложений пляжа и бенча** указывает на характер обмена веществом между суши и морем (абразия или аккумуляция), а **скорости осадконакопления** на его интенсивность.

б) **петрографический, гранулометрический и минералогический состав отложений пляжа и бенча** позволяет судить об источниках поступления отложений в береговую зону.

Так, преобладание в составе отложений тонкого пелитового материала может свидетельствовать о его поступлении в береговую зону с речным аллювием. Кроме этого, тип осадков бенча (песчаные, илистые и т.п.) влияет на характер распределения бентосных сообществ фито- и зооценозов.

в) **истираемость, окатанность, сортированность и медианный диаметр отложений** указывают на характер волнового воздействия на отложения береговой зоны.

Нормальная сортировка наносов – убывающая с глубиной крупность осадков и ухудшение их сортировки.

3) Метеогидрологическая группа.

А. Метеорология

а) **тип климата приморской части береговой зоны** определяется количеством поступающей солнечной радиации и атмосферными осадками, а также ветровым режимом.

Климатический фон определяет условия физического выветривания и интенсивность воздействия внешних факторов на горные породы, то есть оказывает непосредственное влияние на формирование потоков вещества в береговой зоне.

В прямой зависимости от радиационного режима находится температурный режим воздуха, воды и горных пород. Атмосферные осадки активизируют развитие таких геологических процессов, как эрозия, оползни, сели и др., обеспечивающих поставку потоков вещества с суши в море. Например, при интенсивном выпадении осадков в горных районах могут формироваться селевые потоки, которые разгружаются в береговой зоне, образуя конусы выноса. Климатообразующая роль ветра, главным образом, выражается в установлении бризовой циркуляции между суши и морем.

Ветровой режим оказывает определяющее влияние на гидро- и литодинамические процессы в береговой зоне. Глубина моря в пределах береговой зоны невелика, поэтому ветры контролируют направления прибрежных течений, а вместе с ними и вдольбереговое перемещение потоков вещества. Сильные ветры с суши и моря вызывают сгонно-нагонные явления. Ветер выполняет и геоморфологическую роль, создавая в береговой зоне эоловые формы рельефа.

Б. Гидрология.

а) **наличие в береговой зоне устьев рек и временных водотоков** свидетельствует о возможности поступления в береговую зону дополнительных потоков вещества.

В качестве важных показателей вещественных потоков выступают годовые и удельные объемы речного стока, стока твердых и взвешенных веществ. Вместе с твердым стоком, в прибрежные воды поступает минеральное вещество для питания морских биоценозов. Твердый сток рек является источником формирования или пополнения твердым материалом вдольбереговых потоков наносов.

В устьях рек, где смешиваются речные и морские воды, происходит аккумуляция наносов и формируются дельты.

Посредством нарушения устойчивости или целостности горных пород, водотоки активизируют развитие геологических процессов в береговой зоне (эрозия, оползни, обвалы, оплывины и др.).

Постоянные и временные водотоки, в соответствии с масштабом воздействия, влияют на физико-химические свойства морских вод.

б) **физические свойства морской воды** (температура, плотность, прозрачность, ледовый режим и др.) определяют особенности гидродинамики и условия жизни для морских организмов.

К примеру, прозрачность лимитирует процесс фотосинтеза, создавая рубеж для расселения зеленых растений.

Для ледового покрова указываются: сезон установления, продолжительность ледостава, мощность льда и размещение по акватории. Льды выступают фактором усиления абразии и разрушения морских берегов.

Физические свойства воды могут меняться под действием многих факторов: гидродинамических условий, берегового стока, геологических процессов, поступления в береговую зону антропогенных потоков вещества и т.п.

в) **химические свойства морской воды** (соленость; содержание растворенного кислорода и др. газов; рН; содержание биогенных и органических веществ, микроэлементов) в значительной мере управляют "плодородием" и пригодностью морских вод для жизни.

Известно, что воды, насыщенные минеральными веществами и кислородом, богаты жизнью. Благоприятные условия для жизни организмов создаются в зонах дивергенции морских вод или апвеллингов, где происходит подъем биогенных веществ к поверхности. Насыщенность морских вод минеральными веществами определяет видовое многообразие и численность живых организмов.

4) Гидролитодинамическая группа.

А. Гидродинамика и литодинамика.

а) **характер гидродинамического режима** в береговой зоне оказывает влияние, практически, на все компоненты ландшафтов надводной и подводной частей береговой зоны.

При описании гидродинамики отмечают: преобладающее направление морских волнений и течений, среднестатистическая высота волн. Анализу подвергаются и параметры волн во время штормов: сезоны развития штормов, максимальные и средние значения балльности штормов, преобладающее направление волнений в шторма, высота и длина волн и их влияние на береговые процессы. Анализ колебаний уровня моря – высота сезонных, среднегодовых, межгодовых колебаний и обуславливающие их причины.

По максимальной длине волн, развивающихся в береговой зоне, определяют максимальную глубину волнового действия на морское дно, т.е. нижнюю границу береговой зоны. По границе максимального заплеска волн на пляж проводится верхняя граница береговой зоны.

Гидродинамические процессы тесно связаны с литодинамикой береговой зоны, поэтому изучение вещественных потоков в береговой зоне должно производиться при одновременном учете этих двух процессов. В этой связи при исследованиях указываются: волнения и течения каких направлений и скоростей вызывают перемещение наносов в береговой зоне; при каких комбинациях волнения, течения и ветра происходит вынос вещества из береговой зоны, а при каких – его аккумуляция и др.

Особенности гидродинамики прибрежной акватории (спокойная или активная волновая обстановка, наличие приливов-отливов, сгонов-нагонов и т.д.) оказывают значительное влияние на состав биоценозов береговой зоны.

б) **характеристика вдольбереговых потоков наносов** (скорость, направление движения, мощность, насыщенность, емкость и др.) и их воздействие на береговые процессы.

Совокупность потоков вещества, поступающих в береговую зону с суши и моря, участвуют в формировании вдольбереговых потоков наносов. Вдольбереговой поток наносов характеризуется многими показателями. Он может быть насыщенным или ненасыщенным, отличаться по мощности, длине, емкости и скорости перемещения и др.

Вдольбереговой поток является насыщенным, когда его емкость равна мощности (нагрузке). Емкость зависит от уклона дна и пляжа, параметров волн и угла подхода их в открытом море, скоростей и направления течений, а также от свойств прибрежно-морских наносов. Если возникает дефицит нагрузки, то такой вдольбереговой поток называется ненасыщенным. Ненасыщенность потока свидетельствует о том, что часть энергии потока, не используемая на перемещение наносов, может расходоваться на процессы абразии морского дна.

5) Биоценотическая группа.

а) **растительность и животные на берегу и в море** являются результатом взаимодействия абиотических компонентов береговой зоны. При изучении растительности и животных необходимо определять: видовое разнообразие и состав, встречаемость, численность, продуктивность, биомассу ($\text{кг}/\text{м}^2$, $\text{г}/\text{м}^2$), проективное покрытие (для растительности), распределение по горизонтали (в зависимости от характера рельефа и почвы (грунта)) и вертикали (поверхность воды, толщина, морское дно).

После описания растений и животных приступают к изучению **сухопутных и морских биоценозов**. При описании биоценозов, кроме исследований показателей, указанных для растений и животных, необходимо отмечать: местообитания (биотопы), ареалы распространения, состав и структуру биоценоза и

трофические связи.

Распределение растительных и животных сообществ зависит от благоприятности условий для их обитания (рельефа, осадков, освещенности, наличия минеральных веществ и т.д.). В сообществах выделяются эдификаторы, доминирующие и редко встречающиеся виды.

б) роль животных и растений в береговой зоне имеет важное значение, поскольку растения и животные участвуют в формировании биогенных форм рельефа, оказывают сопротивление деструктивным береговым процессам или сами выступают в роли деструкторов.

В береговой зоне образуются такие биогенные формы рельефа, как норы и ходы животных, выбросы грунта в виде горок; формы вытачивания, сверления и др. Растения могут преобразовывать рельеф и влиять на береговые процессы, образуя заросли, корки, маты [5]. К примеру, заросли тростника, растущие у уреза воды, принимают на себя наибольшую силу волнения, гася энергию волнового потока и защищая берег от разрушения. Растительность береговых откосов и клифов оказывает на горные породы скрепляющий эффект, препятствуя их разрушению, поэтому покрытые растительностью обрывы более устойчивы к разрушению.

В то же время, морские растения и животные могут способствовать и дезинтеграции горных пород, воздействуя на них механически: разедавая, сверля и подтачивая (моллюски, камнеточцы и др.). Некоторые виды животных, к примеру, губки, способны растворять горные породы (обычно, известняк), выделяя органическую кислоту.

Характер распределения растительности в береговой зоне может указывать на ее морфологические и гидродинамические особенности. К примеру, наличие растительности на береговом обрыве или у клифа говорит о том, что клиф отмерший и не испытывает на себе активного волнового действия; верхнюю границу пляжа часто проводят по рубежам появления пляжной растительности.

в) суточные и сезонные сухопутно-морские миграции совершают птицы и животные, чья жизнь непосредственно связана и с морем и с сушей (источник пищи, выведение потомства и др. функции). В этом выражаются биогенные потоки вещества между сушей и морем.

К животным-мигрантам относятся черепахи, некоторые ракообразные и моллюски, чайки. Суточные миграции особенно ярко выражены в зонах супралиторали и литорали на берегах приливных морей.

Пассивный вынос-снос биогенного материала из моря на берег и с берега в море происходит, в значительной мере, со штормовыми выбросами морских трав и водорослей, раковин моллюсков и погибших животных.

б) Антропогенная группа.

а) степень изменения рельефа береговой зоны находится в непосредственной связи с освоенностью прибрежных аква- и территорий, а также с заселенностью побережья.

Добыча полезных ископаемых со дна и пляжа, отвод дренажных вод с полей в море, гидротехническое строительство изменяют естественный рельеф береговой зоны, формируя карьеры, котлованы, искусственные овраги и др. формы рельефа. Антропогенные формы рельефа усиливают процессы деструкции берегов, что ведет к сокращению ширины пляжей и катастрофическому разрушению морских берегов.

б) изменение осадков береговой зоны возникает под влиянием антропогенных загрязнителей, концентрирующихся первоначально в морской воде, а затем оседающих на дне.

Загрязненные морские осадки служат средой обитания и источником питания морских животных. Накопление вредных веществ в организмах животных вызывает аномалии их развития, а порой приводит к их гибели.

в) изменение физических и химических свойств вод происходит в результате их загрязнения, главным образом, промышленными, сельскохозяйственными и бытовыми стоками. Косвенно воздействие осуществляется и через загрязненный речной сток, поступающий в береговую зону.

Воды загрязняются тяжелыми металлами, нефтепродуктами и химическими соединениями. Изменения физико-химических свойств воды сказываются, в основном, на условиях жизни и состоянии морских организмов. Перенасыщенность вод биогенами (эвтрофикация) приводит к явлениям "цветения" воды, заморам рыб.

г) изменение теплового режима прибрежной акватории происходит вследствие сброса в прибрежные воды отработанных вод тепловых электростанций.

Повышение температуры воды приводит к сокращению холодолюбивых и бурному развитию теплолюбивых видов растений и животных. В таких условиях происходит изменение химизма вод: изменяется содержание растворенного кислорода, изменяется соленость и т.д.

д) изменение литодинамики связано со строительством берегоукрепительных и гидротехнических сооружений без учета особенностей движения вдольбереговых потоков наносов.

В результате в береговой зоне возникает дефицит пляжного материала, нарушение естественного хода береговых процессов, что ведет к последующему разрушению морских берегов.

е) изменение биоценозов является "ответом" растительности и животных на изменение вышеперечисленных компонентов береговой зоны.

К примеру, донное траление, добыча песка и гальки, дноуглубительные работы в портах вызывают нарушение целостности структуры сухопутных и подводных биоценозов, а порой и их полное уничтожение. В биоценозах наблюдается угнетение и исчезновение одних видов растений и животных с последующей их заменой более устойчивыми к антропогенному загрязнению видами.

Из перечисленных характеристик наибольшую сложность представляет получение оперативной информации, включающей в себя короткопериодные показатели процессов и явлений. Но именно она является основной составляющей экологического мониторинга. Ее получение возможно только на основе натурных наблюдений, которые должны иметь комплексный характер и проводиться по единой методике. Для создания такого банка данных, естественно, требуются совместные усилия специалистов различных профилей, поэтому создание такой команды – задача сложная, но в тоже время научно необходимая.

Источники и литература

1. Боков В.А., Лушик А.В. Основы экологической безопасности. – Симферополь: Сонат, 1998. – 224 с.
2. Мильков Ф.Н. Ландшафтная сфера Земли. – М.: Наука, 1970.
3. Мильков Ф.Н. Физическая география: современное состояние, закономерности, проблемы. – Воронеж: Издательство Воронежского университета, 1981. - 400 с.
4. Скребец Г.Н., Агаркова И.В. Вопросы теории и методики изучения парагенетических ландшафтных комплексов // Ученые записки Таврического Национального Университета им. В.И. Вернадского. – Симферополь. – 2000. – № 13. – Т.1. – С.127-132.
5. Преображенский Б.В., Жариков В.В., Дубейковский Л.В. Основы подводного ландшафтоведения (Управление морскими экосистемами). – Владивосток: Дальнаука, 2000. – 352 с.

Агаркова-Лях І.В., Скребец Г.М. Методичні аспекти екологічного моніторингу берегової зони моря.

Контрастність суші та моря у береговій зоні та їх активна матеріально-енергетична взаємодія дозволяють розглядати берегову зону як яскравий приклад парагенетичного ландшафтного комплексу. Застосування парагенетичного підходу для здійснення екологічного моніторингу у береговій зоні дає можливість оцінити екологічний стан берегової зони на основі вивчення речовинних потоків між сушею та морем.

Agarkova-Lyakh I. V., Skrebets G. N. Methodical aspects of coastal zone ecological monitoring

The contrast of the land and sea in a coastal zone and their active matter-energy interaction allows considering the coastal zone as the bright example of a paragenetical landscape complex. Using of the paragenetical approach to ecological monitoring realizing gives a chance to evaluate an ecological state of a coastal zone basing on studying matter flows between the land and the sea.