

УДК 551.46.01+551.335.06

А. А. Стоян, инж.-исслед.Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова,
кафедра физической географии и природопользования
ул. Дворянская, 2, Одесса-82, 65082, Украина

РОЛЬ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК В РАЗВИТИИ БЕРЕГОВЕДЕНИЯ

Современное береговедение сформировалось под влиянием всех фундаментальных наук (физики, математики, химии, биологии). Широкое применение береговедения в экономике обусловило его тесную связь с техническими науками и хозяйственной практикой.

Ключевые слова: география, береговедение, наука, взаимодействие, береговой процесс, выщелачивание, биотурбация, математические расчеты, приборы.

Введение

Береговедение изучает пограничную природную систему между сушей и океаном в составе географической оболочки, опираясь при этом на фундаментальные науки — математику, физику, химию, биологию и географию [6, 11, 19, 27]. Однако большинство исследователей этого вопроса не касается, ограничиваясь лишь констатацией результатов картографических, экспериментальных, аналитических, теоретических исследований [2, 9, 15, 18, 21]. Тем не менее все более обнаруживается тесная связь береговедения с рядом фундаментальных наук: они много дают береговедению, но и береговедение, как и география в целом, освещая результаты работ в уникальной природной системе, может существенно повлиять на разделы той или иной фундаментальной науки [26]. Такой подход отображает ряд важных черт в процессе развития всех наук: согласно В. И. Вернадскому, ни при развитии теории, ни при ее практических приложениях «...нельзя идти дальше с известной уверенностью и с ясностью мысли, не воссоздав исторической перспективы и реального значения идей, представлений и построений науки, всегда слагавшихся чрезвычайно сложным путем». В этой связи тема данной статьи представляется *актуальной*.

Целью данной работы является установление обоснованной взаимосвязи береговедения с математикой, физикой, химией, биологией. В естествознании именно они отнесены к числу «основных отраслей» современного естествознания или «фундаментальных наук», в том числе и географии [11]. При этом влияние отдельных географических дисциплин на береговедение рассматривается отдельно. Для достижения цели работы считаем необходимым решить следующие основные задачи: *а)* оценить вклад физики в формирование береговедения; *б)* рассмотреть ряд положений математики, которые используются в береговедении; *в)* проанализировать значение химии в изучении ряда природных процессов в береговой зоне; *г)* найти разделы биологии, которые были использованы в развитии береговедения как одной из географических наук; *д)* изучить роль береговедения в практическом использовании ряда технических наук при хозяйственном освоении морских берегов.

Как и в любой другой науке, особенно среди географических [3, 17, 25], следует обязательно осветить объект исследований и предмет исследований. *Объектом* береговедения является береговая зона моря, т.е. контактная зона между сушей и морем на поверхности планеты, в которой господствует концентрированная механическая энергия гидрогенных процессов и седиментационные потоки вещества, вызывающие развитие уникальной биоты. Изменения природы здесь исключительно быстрые, поэтому влияние антропогенного фактора столь же быстро сказывается. *Предметом* береговедения являются закономерности формирования структуры и развития прибрежно-морской природной системы, в условиях влияния сопредельной суши и моря, антропогенного фактора. До настоящего времени не вызывает сомнений, что береговая зона является составным элементом географической оболочки и одновременно продуктом ее естественно-исторического развития. Как любой другой компонент на поверхности нашей планеты, береговая зона испытывает суммарное и синхронное влияние эндогенных и экзогенных факторов, хотя контролируется экзогенными силами, а эндогенные представляют собой фоновый фактор.

Поскольку береговая зона моря прилегает к приморской суше, то она представляет собой весьма привлекательные условия для проживания людей. Как следствие, освоенность береговой зоны чрезвычайно высока. Это и портовое строительство, и установки навигационного оборудования, и берегозащита, и курортные объекты, и разработки ряда полезных ископаемых, и многое другое [16, 22]. На берегах расположены крупные населенные пункты, например Одесса, Новороссийск, Варна, Констанца, Афины, Неаполь, Генуя, Барселона, Александрия и сотни других, множество более мелких. Все это беспрекословно указывает на важное *практическое значение* береговедения как науки географической, способной предоставить такие материалы, результаты и выводы, которые оптимизируют прибрежно-морское природопользование. Со временем, по мере усиления антропогенного пресса на природу береговой зоны, требуется разработка все новых, более точных и детальных данных для применения более совершенных теоретических положений, методов наблюдений и расчетов, измерений и камеральной обработки полевого материала. В этой связи нужно указать на *теоретическое значение* береговедения.

Материалы и методика исследований

Материалы исследований основываются на информационном обеспечении береговедения. Его источниками являются первичные (полевые), вторичные (камеральные), аналитические исследования, логическое, лабораторное и математическое моделирование, натурные и лабораторные эксперименты, картографические материалы, уже опубликованные данные в монографиях, научной периодике, тематических сборниках научных статей, на различных электронных носителях. Их дифференцированный анализ позволяет обнаружить и систематизировать выводы и решения, основанные на использовании научных положений фундаментальных наук — физики, математики, химии, биологии [4, 9, 10, 15]. Из потока информации изымаются и систематизируются теоретические, практические и методические положения, опирающиеся на опыт перечисленных наук.

В конечном итоге познание вклада фундаментальных наук в береговедение основано на применении сочетания методов движения от конкретного к абс-

трактному (от исходного предмета познания к мысленному вычленению из него отдельных его сторон или моментов), и от абстрактного к конкретному (методом мысленного воссоздания исходного предмета как совокупности множества определений, уже выработанных ранее).

При этом применялся ряд теоретических методов исследований, активно используемых в различных географических науках. К ним относятся методы систематизации, анализ, синтез, ретроспективный, логический, аналогий, сравнительно-географический. Все они направлены на достижение цели нашей работы.

Содержание работы

В данной работе раскрывается характер влияния различных наук, которые относятся к фундаментальным [11, 25, 26], на формирование и развитие береговедения как физико-географической науки. Эти науки во многом определили степень развития береговедения и его структуру, практическое применение.

Влияние физики на береговедение. Физика — наука, изучающая простейшие и вместе с тем наиболее общие закономерности явлений природы, свойства и строение материи и законы её движения [20]. Это глубоко структурированная наука, в рамках которой выделяется большой ряд физических дисциплин (разделов), классифицируемых по разным признакам. Наиболее важным можно признать деление по изучаемым процессам или формам движения материи. В данном случае различают такие физические науки, как механику, теплофизику, гравитацию, термодинамику, физико-химию, учение о колебаниях и волнах, гидравлику, взаимодействие сплошных сред и многое другое.

Прежде всего обратимся к ведущему действующему фактору — к энергии фрикционных волн ветровой природы. Взаимодействие атмосферы и морской воды порождает механизм передачи энергии ветра на поверхность морей и океанов. Энергия собирается на площади всего Мирового океана, а расходуется в узкой береговой зоне, что создает мощный кумулятивный эффект. Основы физики позволяют объяснить баланс механической энергии ветровых волн в береговой зоне [5, 14]. Своеобразным прорывом в решении данной задачи была разработка А. Герстнером трохоидальной теории ветровых волн в начале XIX столетия, а позже — теории «нейтральной линии» П. Корналя и спектральной теории волн А. Я. Хинчина и Ю. М. Крылова.

Начало изучения динамики волновых процессов относится к XVIII в. Открытие законов Ньютона, включающих законы тяготения и приливно-отливных движений [25], послужило причиной развития учения о колебаниях. Если в XVIII в. теория волн ограничивалась представлениями И. Ньютона и П. Лапласа только в первом приближении, то в начале XIX в. на основе экспериментальных исследований морских волн появляется первая их законченная теория (трохоидальная). После работ по морским волнам Кудрэй и Бремонтье, оставшихся на позициях классической теории волн Ньютона, появилась плеяда исследователей динамики морских вод. Во второй половине XIX в. уже окончательно складываются классические волновые теории. С этого времени практики получают возможность пользоваться некоторыми выводами и уравнениями волновых теорий [15].

Предложенная И. Ньютоном в 1697 г. статическая теория приливов была в дальнейшем усовершенствована П. Лапласом, разработавшим в 1775 г. динамическую теорию приливов. П. Лаплас установил зависимость между приливо-

образующей силой Луны и Солнца и кратковременными колебаниями уровня моря. В итоге этот ученый получил расчётную формулу для предвычисления приливов. Динамическая теория получила дальнейшее развитие в так называемой каналовой теории приливов А. Эри (1845). Выводы этой теории позволили обосновать некоторые наблюдаемые изменения характера приливной волны в мелководных морях и заливах.

В береговедении используются также элементы волновой теории: при вычислении фазовых скоростей, изучении соотношения между фазовой скоростью, длиной волны и глубиной бассейна, исследовании явлений дифракции, рефракции и разрушения волн у приглубого берега и на мелководье [5]. Производится расчёт ветровых волн, основанный на теоретическом методе акад. В. В. Шулейкина, используются предложенные им уравнения волнового поля и модели трансформации волнового поля на мелководье. Всегда, на всех этапах развития береговедения, отечественные исследователи прибрежных зон морей и океанов опирались на достижения фундаментальных наук [16]. Рассмотрение волнового режима и расчёт ветровых волн — важнейшая часть анализа процессов развития аккумулятивных форм, поскольку волны являются основным гидродинамическим фактором [24]. Естественно, что как и физические науки, законы которых формулируются на математическом языке, береговедение привлекает к изучению береговых процессов весь математический аппарат.

Значительное число физических процессов в береговой зоне рассматривают Н. А. Айбулатов и Ю. В. Артюхин [2], Г. С. Башкиров [4], Б. Х. Глуховский [5], И. О. Леонтьев [14], Г. А. Сафьянов [21]. В практику расчетов прочно вошли данные о воздействии сейсмических явлений и гравитационного поля на обвальные, оползневые, селевые, солифлюкционные процессы в береговой зоне морей. Систематизация и обобщение большого численного материала при исследованиях абразионного процесса в береговой зоне моря обусловило массовое применение соответствующих научных положений из физики [7].

Для понимания движения вещества литосферы (в береговой зоне это — прибрежно-морские наносы) широко используются основы гидравлики. Выводы Стокса позволили оперировать понятием «гидравлическая крупность наносов». Учение о физико-механических свойствах горных пород было применено для объяснения первичной дезинтеграции и дальнейшей механической дифференциации исходного осадочного материала в прибрежно-морских фациальных условиях [27]. Разделение осадочного материала по гидравлической крупности в береговой зоне при влиянии нейтральной гидрогенной линии, в условиях развития асимметрии волновых скоростей, позволило представить береговую зону как мощный седиментационный фильтр Мирового океана. Выявление физических механизмов взаимодействия гидрогенных процессов с наносами и различными сооружениями в береговой зоне представляют собой одно из важнейших направлений в береговедении [4, 15, 21, 23].

Познание физики теплового процесса способствовало разработке понятий о термоабразии и термокарсте [9, 10, 18, 21]. Зная ход температуры приземного слоя атмосферы, можно проследить механизм тепловой трансформации клифов и бенчей в области вечной мерзлоты на побережьях морей Лаптевых, Восточно-Сибирского, Чукотского, Бофорта и других. В состав этого механизма входит мобилизация осадочного материала из состава вечномерзлых пород и их механическая дифференциация в волновом поле мелководья. Теплофизические процессы объясняют формирование морского льда в морской воде различной солености и процесс вмержания

осадочного материала в ледовый припай. В итоге можно представить роль льда в выносе осадочного материала из береговой зоны в открытое море.

Перечень научных положений из физики, используемых для развития береговедения и объяснения прибрежно-морских процессов, можно продолжить. Но и без этого ясно, что эти положения широко используются при исследованиях гидродинамических, литодинамических и морфодинамических процессов в береговой зоне.

Влияние математики на береговедение. Математика определяется как наука о количественных отношениях и пространственных формах действительного мира [12]. Применение математических методов в естественных науках, и вполне вероятно — в береговедении, не ограничено: все виды движения материи могут изучаться математически. Однако роль и значение математических методов в различных случаях, в том числе и в береговедении, различны [4, 6, 15]. Никакая определённая математическая схема не исчерпывает всей конкретности действительных явлений. Поэтому процесс познания конкретного протекает всегда в борьбе двух тенденций. С одной стороны, выделение формы изучаемых явлений и логического анализа этой формы, с другой стороны, вскрытие моментов, не укладывающихся в установленные формы, и переход к более гибким формам, полнее охватывающим явление [12]. Основная трудность в применении математического аппарата состоит в выборе предпосылок для математической обработки и в истолковании результатов, полученных математическим путём. Одним из примеров успешного решения этой задачи может служить исследование абразионного процесса на морском берегу [7].

Д. Харвей [25], рассматривая математические методы, применяющиеся в географии, указывает, что для всех методов описания пространственных структур и объектов общим является то, что они сводятся к подбору априорной модели, к некоторому набору данных. Этим априорным моделям даётся теоретическая интерпретация на основе эмпирических наблюдений. Из способа обобщений и выражения количественной стороны исследования, в физической географии вообще и в береговедении — в частности, математика превратилась в особый метод рассмотрения ряда природных явлений, метод предсказания еще неизвестных свойств и отношений и даже новых, еще не открытых учеными объектов и процессов в береговой зоне [11]. Вместе с тем эта сторона факторов, процессов, объектов, механизмов формирования неразрывно связана с их качественной стороной, которая находит своеобразное отражение в их количественной стороне.

Немаловажно, что береговедение стало складываться относительно недавно. Тогда математика уже широко проникла в географию и ее отрасли, такие как геоморфология, гидрология, метеорология, океанология, геология и ряд других. Поэтому в их влиянии уже были заложены предпосылки к относительно совершенной математизации, широкому применению математики. Такое влияние также ярко проявилось и со стороны физики, разделы которой активно используют математические методы исследования. Эта особенность отличает береговедение от других наук, в которые математика проникла сотни лет назад. Кроме того, очень быстрое накопление обильных и разнообразных численных характеристик гидродинамических, морфодинамических, литодинамических процессов просто не могло обойтись без математических систематизаций, обобщений и расчетов [4, 5, 14, 27]. Как характерный пример можно привести результаты исследований по абразионному процессу на морском берегу [7, 27].

Один из важных методов, сочетающий геометрию и теорию вероятностей, является анализ через посредство ближайшего соседства. Большие перспективы имеет математическое моделирование как средство создания обоснованных абстрактных представлений о пространственно-временных закономерностях, действующих в береговой зоне. С этой точки зрения математическая модель — это мысленно представляемая или материально реализованная система, которая, отображая или воспроизведя объект исследования, способна замещать его так, что ее изучение позволяет получить новую информацию об этом объекте. В береговедении часто применяется не чисто математическая, а гидравлическая («физическая») модель, исследуемая математическими или математизированными методами. Математические методы применяются при изучении турбулентности, описаниях трансформации волн на мелководье, взаимодействия волнового потока с гладким и шероховатым подводным склоном моря, распределения взвеси в толще морской воды, развития приливо-отливных процессов [4]. Почти не существует физического процесса в береговой зоне, который не требовал бы употребления весьма развитого математического аппарата, конечно же, при условии выбора предпосылок для математической обработки и в истолковании результатов, полученных математическим путем.

Интерес представляют балансовые функциональные модели, отображающие вещественно-энергетические связи в пределах различного ранга подразделений географической оболочки (поток наносов, скорости размыва и др.). В последние годы балансовый метод начал активно применяться с учетом представлений о береговой зоне как открытой системе, которая обменивается энергией и веществом с сопредельными сушей и океаном [27]. Математические расчеты активно используются в диффузионной и гравитационной теориях движения наносов в береговой зоне, в распределении статистических величин наносов.

В связи с исследованием морфодинамических и литодинамических процессов в береговой зоне береговедение использует статистические методы. К ним относятся: корреляционный анализ, спектральный анализ, факторный анализ, моделирование, картографические расчеты. Примерами могут служить статистические расчеты распределения во времени среднемесячных и среднегодовых значений скоростей ветра, высот волн, положения уровня моря, температуры и солености морской воды, температуры воздуха и атмосферных осадков, скоростей абразии, размеров пляжей. Часто применяется аппарат геометрии, алгебры, применяются методы графического обозначения параметров наносов в береговой зоне. Разработаны математические методы расчета скоростей абразии бэнча, энергетических характеристик волнового режима, значений скоростей волновых течений.

Влияние химии на береговедение. Химия — одна из отраслей естествознания, тесно связанная со всеми отраслями народного хозяйства. Она изучает химические элементы, образуемые ими простые и сложные вещества, их превращения и законы, которым подчиняются эти превращения [8]. Усиление искусственного химического воздействия на природные процессы часто приводит к нарушению установившихся природных химических циклов. Это осложняет экологическую проблему — задачу сохранения и научного регулирования среды обитания живых организмов, в том числе и в береговой зоне морей.

При проектировании берегозащитных, портостроительных и рекреационных мероприятий учитываются биохимические факторы, проводятся исследования химического состава воды в природных водоёмах и прибрежных водах, мероп-

риятия по сохранению географического равновесия [24, 29]. В 1990-х годах усилилось направление в науке, занимающееся проблемами охраны природной среды, рационального природопользования, предусматривающего сочетание интересов социально-экономического развития и сохранения и, возможно, улучшения состояния природной среды и восполнения качества её ресурсов [1, 2, 21].

В береговедении четко вычленились факторы неволновой природы, и в их составе называются физико-химические и химико-биологические, которые объединены в совокупность «хемогенных» факторов [9]. Они представлены прежде всего химическим выветриванием, растворением различных горных пород, карстовыми процессами, литификацией, различной степенью насыщения морской воды растворами. Растворяющая способность морской воды существенно превышает таковую у пресной воды: в 3 раза сильнее при воздействии на базальт, в 4 раза — на обсидиан, в 8 раз — на роговую обманку и в 14 раз — на ортоклаз. В тропическом климате кристаллизация солей морской воды выше уровня «большой воды» во время приливов исключительно сильно дезинтегрирует кристаллические породы (особенно граниты) в результате разложения и механического разрушения содержащейся в них слюды. В разных широтах общая увлажненность поверхности клифа под влиянием брызг соленой воды приводит к развитию ячеистого выветривания в гранитах, в песчаниках, в известняках, в вулканических туфах. Поэтому чаще всего в береговедении рассматриваются химические процессы у абразии клифов и бенчей. Г. А. Сафьянов [21] характеризует химическую абразию и при этом приходит к выводу, что наиболее реальными величинами ее скоростей являются их значения от 0,5 до 5,0 мм/год., хотя Ю. Д. Шуйский [27] склонен принять для расчетов значения 0,1–3,0 мм/год. Этими химическими процессами образуются такие формы рельефа, как карстовые воронки, гребни, туннели, карры, борозды. Карстовые ячейки в надводном виде вырабатываются в связи с колебаниями значений pH в условиях изменения суточных температур воздуха и воды. Как раз химическая наука и объясняет подобные процессы рельефообразования в береговой зоне.

На берегах ряда морей, например Карибского, Адриатического, Эгейского, где береговые обрывы сложены известняками разного возраста, широко развиты формы берегового и подводного карста [10]. Они связаны с процессом выщелачивания карбонатных пород. Скажем, в Далмации карст распространен и на подводном склоне, до глубин 10–15 м. В прибойной зоне формируются многочисленные известняковые выступы, ложбины, воронки, глубокие желоба и высокие гребни, пересекающиеся и образующие сильно расчлененный микрорельеф. Местами формируется типичная карровая поверхность. В области линии уреза типичной является ниша химического растворения — химический аналог волноприбойных ниш. Размеры карстовых форм обычно не превышают 1–2 м в поперечнике, но, сливаясь, они образуют весьма изрезанную поверхность дна.

Своеобразно могут протекать химические процессы в пределах песчаных аккумулятивных форм, в частности на пересыпях лиманов. Колебания уровня лимана приводит к активному просачиванию лиманных вод сквозь пересыпь в море. Эти воды, насыщенные известью и органическими солями, снижают pH на контакте с окисленным верхним слоем наносов. Поэтому часть карбонатов выпадает из растворов и цементирует слой наносов, мощностью до 1 м. В итоге образуется кристаллизованная порода из сцементированного песка, т. н. «литификат» («*beach-rock*»). На берегах Черного моря он известен из описаний

В. И. Буданова по южному берегу Керченского п-ова и Ю. Д. Шуйского по пересыпи озера Донузлав в Западном Крыму.

Химическая информация используется также и для выполнения ряда натуральных экспериментов. С помощью химических трассеров прослеживаются морские течения. Элементы-индикаторы применяются и при изучении направления потока наносов, что чрезвычайно важно для проектирования и эксплуатации морских портов. В Японии в качестве индикатора употреблялся радиоактивный изотоп цинка. В Германии учёные пытались проследить движение наносов, окрашивая песок анилиновыми красителями. В начале 1950-х гг. советские химики В. К. Матвеев и В. В. Патрикеев предложили окрашивать песок люминесцентными красителями в виде тончайшей плёнки, облегающей каждое зерно. Этот метод оказался весьма эффективным, позволившим установить трассы движения наносов в береговой зоне [1].

Как можно видеть, проникновение химии в береговедение весьма глубоко. Химические знания применяются при исследовании гидродинамических (волны, течения разных типов, состав воды), морфодинамических (изменений форм рельефа), литодинамических (наносы разного состава и их превращение) процессов. Можно утверждать: эти знания способствовали возникновению береговедения и его структуризации, что благоприятно повлияло на использование данной науки при природопользовании.

Влияние биологии на береговедение. Биологические науки образуют сложную многоплановую систему, что обусловлено многообразием проявления жизни, разнообразием форм, методов и целей исследования живых объектов, взаимоотношениями между отдельными организмами и их с окружающей природой [13]. В формировании современного береговедения главную роль сыграли: ботаника, зоология и гидробиология.

Береговедение как наука, занимающаяся проблемами рационального природопользования, тесно связана с биологией [24, 29]. Все мероприятия, которые затрагивают биосферу, невозможны без знания главных форм животного и растительного мира в конкретной геосистеме и условий поддержания биогеоценотического равновесия. Важное практическое направление биологических исследований — изучение среды обитания, последствий его деятельности и организация на этой основе рациональных способов ведения народного хозяйства. При этом важнейшее значение имеет неразрывная связь, единство среды и организма, поскольку любой организм выбирает себе соответствующую среду и занимает ее. Для организмов береговой зоны это единство означает связь физических, химических и других форм движения материи, составляющих в данном случае среду (т. е. материальные условия жизнедеятельности), и биологической формы движения, представленной самими организмами.

Учитывая природные особенности береговой зоны на контакте между сушей и морем [9, 27, 28], следует подчеркнуть, что здесь характерной является биота, адаптированная к таким особенностям. Живые организмы приспособлены к исключительно высокой концентрации механической энергии, сильнейшим волновым давлениям, подвижному слою донных наносов, значительным вертикальным и горизонтальным деформациям берегового рельефа, высоким концентрациям минеральной взвеси, повышенным значениям температуры воды летом и пониженным — зимой, вплоть до появления ледового покрова, общего пониженного фона солёности воды, наличия повышенного содержания питательных солей, высокой степени аэрации водной толщи вплоть до дна. Значение

живых организмов может быть деструктивным, аккумулирующим, наносообразующим.

Деструктивное значение учитывается при анализе биогенной абразии, при проектировании берегозащитных, портовых и других сооружений изучаются биологические сообщества, в частности распространение беспозвоночных животных: древоточцев и камнеточцев. В Чёрном море, например, обитают моллюски торедо, которые производят биоэрозию. Они способны за 4–5 тёплых месяцев года превратить в труху деревянную сваю диаметром до 60 см. Морские камнеточцы могут повреждать бетонные молы [10]. Процессы биоэрозии детально исследовались на п-ове Истрия (Адриатическое море), и они показали, что гастроподы и морские ежи соскабливают частицы породы с поверхности тулонских и эоценовых известняков. Суммарная скорость биоэрозии составляет 0,1–1,1 мм/год. В целом с 1 пог. м длины берега ежегодно удаляется ≈ 1 кг известняка, из которых примерно 80% в виде взвеси.

Камнеточцы *Petricola*, *Barnea* и *Pholas* разрыхляют породу, превращая ее в труху. Образовавшиеся обломки образуют наносы, в основном взвешенные. На берегах северных морей наиболее заметной является деятельность сверлильщика *Saxicava arctica*. В этом случае сверлящие моллюски прячутся в свои хода от убийственных ударов волн при штормах. Ламинария и филлофора, покрывая поверхность бенча, замедляют абразию. Однако если ризоиды филлофоры прикрепляются к поверхности выветрелых трещиноватых пород на небольшой глубине (до 5–6 м), то возможен массовый отрыв отдельных обломков и пополнение ими наносов. Створки мидий крепятся к каменистому субстрату намертво, но под влиянием мощных усилий штормового прибойного потока они отрываются вместе с частицами породы. Все это примеры реакции растительности на исключительную силу механических импульсов морского волнения. Губка *Clione* и сине-зеленые сверлящие водоросли вытаскивают не только коренную породу, но и измельчают створки раковин моллюсков. Покров нитчатых водорослей, даже слоем 2–4 см, лишает цементации поверхность известняка и песчаника; камень становится ноздреватым, превращается в труху.

Часть моллюсков, предчувствуя приход шторма, зарывается в слой песчаных и песчано-илистых наносов, как, например, *Cardium edule*, *Mya arenaria* и *Donax trunculus*. По мере размыва поверхности заглужение продолжается, чтобы избежать истирания наносами и ударов обломков. Часть животных выставляет на поверхность дна сифон для дыхания и питания. Но по мере окончания шторма, в штормовую стадию затухания, при подаче наносов к берегу и росту слоя наносов моллюски подтягиваются к поверхности. В этом видится их приспособление к условиям штормовых вертикальных и горизонтальных деформаций пляжа и подводного склона. Но одновременно своим перемещением в толще наносов мелкие и крупные моллюски разрыхляют слой наносов, создают в нем хода, обогащают органикой. Такое явление биотурбации представляет собой важный фактор биологической переработки наносов, оно распространено в Егорлыцком и Тендровском заливах, на Одесской и Бакальской банке (Черное море), во Внутреннем Немецком море.

Основы биологии объясняют распространение различных типов группы биогенных берегов [2, 9, 10]. Эта группа объединяет берега ракушечные, тростниково-водорослевые, мангровые, коралловые. Влияние части видов моллюсков проанализировано раньше. Дополнительно к этому чрезвычайно велика роль ракушечных (из группы биогенных) наносов на берегах многих морей, распо-

ложенных в умеренном и жарком поясах Мирового океана. Моллюски, имеющие наибольшую массу в береговой зоне морей, являются важным источником наносов, обеспечивающим отдельный приходный элемент баланса осадочного материала [27]. Часто наличие ракушечных наносов на пляжах указывает на активное донное питание вдольбереговых потоков наносов. Скопления ракушки приводят к образованию таких форм берегового рельефа, как пляжи, подводные валы, мелководные банки, косы, бары. В итоге формируются ракушечные берега, как, например, на Каспийском, Азовском и Черном морях. Конечно же, в данном случае приходится обязательно обращаться к гидробиологии, ее разделу о бентосе.

Тростниково-водорослевые растения образуют соответствующую ассоциацию, закрывающую морской берег от влияния волн. В итоге такие заросли вблизи берега (в «прибойной зоне») являются естественными ловушками взвешенных наносов и накопления алевритовых и пелитовых фракций. В общем, для «прибойной зоны» такое явление нехарактерно и необычно [2, 14]. Кроме того, колебания состава воды и сильное волновое влияние способствуют отмиранию, гибели растений и превращению их в растительный детрит. Масса такого детрита накапливается возле уреза и образует фитогенные валы и пляжи. В этой связи биологическая информация способствует пониманию биогенных явлений в береговой зоне и представлениям о их роли в береговой природной системе, более широкой оценке биогенного фактора.

Можно признать аналогичной роль мангровых зарослей в тропических и экваториальных широтах. Типичными манграми являются ризофоры, авиценнии, лагункуларки. Эти растения хорошо выдерживают частичное или полное затопление морской соленой водой (являются галофитами) во время приливов или ветровых нагонов. Мангры распространены на десятки километров вдоль берегов Атлантического и Тихого океанов.

Для распространения коралловых берегов необходимыми условиями являются теплые ($>18^\circ$), прозрачные (>20 м), соленые ($>30\%$), аэрируемые, высокодинамичные воды. В этих условиях, при высокой степени освещенности и развитии мощного фитосинтеза, на отмелях поселяются рифостроители. К ним относятся различные животные и растительные организмы, способные усваивать известь из морской воды. Колониальный образ их жизни в ходе отмирания, разрушения и последующей цементации («литификации») формирует рифовый (коралловый) известняк. Основную часть рифостроителей образуют шестилучевые кораллы *Madrepora*, *Acropora*, *Favia*, некоторые восьмилучевые кораллы *Tubipora*, *Heliopora* и *Lithotamnium*, некоторые гидроиды, мшанки, моллюски (верметиды) и даже многощетинковые черви (армелиды). Их деятельность формирует ряд типов построек: кольцеобразные, окаймляющие, барьерные, внутрилагунные. Всякая коралловая постройка представляет собой совокупность морфологических элементов, причем каждому элементу присущи определенные черты динамики и, что весьма важно, — биологические черты [9, 10, 21, 28]. В условиях очень крутого подводного склона коралловых островов происходит сильнейшее волновое влияние, отрывающее и перерабатывающее обломки кораллов. В результате формируются наносы — коралловые пески и галька.

Как можно видеть, в береговедении биологическая информация применяется весьма широко. Она помогает объяснить биогенную абразию и денудацию, биотурбацию, формирование биогенных наносов, развитие биогенных берегов, накопление слоев осадка с участием биогенного фактора. В то же время биоло-

гическая наука извлекает из береговедения информацию об условиях обитания живых организмов с необычным образом существования и данные по биологическому разнообразию в сложных фациальных условиях береговой зоны.

Технические науки и береговедение. Рассмотрение научной и научно-популярной литературы, освещающей итоги развития учения о береговой зоне моря и влияния на нее антропогенного фактора, показало, что весьма активно затрагиваются технические науки [22]. Издавна интерес к береговой зоне вызывался развитием техники [15, 29]. Впервые об этом профессионально заговорил выдающийся гидротехник, знаток природы морских берегов М. Н. Герсеванов в 1865 г. в лекциях о морских сооружениях, читаемых в Николаевской инженерной академии. Хотя с глубокой древности данный вопрос был актуален при строительстве гаваней и каналов для прохода морских и речных судов.

Как известно [9, 21, 23], береговая зона как исключительно сложная природная система требует особенно тщательного подхода при антропогенном (в первую очередь — техногенном) вмешательстве. Высокая динамичность обуславливает столь же быструю реакцию от техногенного влияния, как конструктивного, так и деструктивного. В этой связи перед техническими науками возникли специфические задачи: в машиностроении, гидротехнике, строительстве, металлургии, навигации и др. Эти науки ставят своей целью разработку технических конструкций (строительных, навигационных, берегозащитных и др.), которые смогли бы выполнить свое назначение в природных условиях береговой зоны без запредельного нарушения ее структуры и эволюции. Они должны быть достаточно прочными для сопротивления сильнейшему механическому влиянию, не подвергаться сильному истиранию, выполнять функцию гашения волновой энергии при подходе волн к берегу, приводить к накоплению наносов и увеличению размеров пляжей, не допускать сильных ударов морских волн, не усиливать процесс снижения прочности горных пород, которыми сложены берега, по возможности продуцировать наносы для пополнения пляжей.

Такие требования ставят определенные задачи перед технической наукой и техникой в деле создания новых марок металла, бетона, вяжущих растворов, красок. Например, металл, растворы, краски и др. во время штормовых ветров покрываются соленой влагой, а потому испытывают существенное влияние химически активного фактора. Конструкция морской и речной землеройной техники во многом зависит от состава наносов и геологического строения побережья. Размеры каменных и бетонных блоков должны быть настолько велики и тяжелы, что не смогли бы сдвигаться волновыми давлениями. Трубопроводы и кабели связи должны изготавливаться из такого материала, который не подвергался бы коррозии и не разрывался бы во время штормов. В данном случае береговедение является стимулом для развития техники.

Итак, каждая из фундаментальных наук различно повлияла на формирование береговедения. А влияние всех их в совокупности проявилось в создании особой структуры береговедения как науки, которая изучает контактную среду взаимодействия двух величайших экзогенных стихий — суши и моря. Основной особенностью такого влияния оказалось то, что вначале исследованию подвергся действующий фактор, волны разных типов и сопровождающие течения, а уж затем стала описываться «территориальная» структура береговой зоны, стали обозначаться ее границы и географическое положение. У других наук, прежде всего географических, было как раз наоборот. Вначале описаниям подвергалось расположение территории, местонахождение на ней того или иного компонен-

та, общая структура территории и роль соответствующего компонента, а уж затем следовали объяснения действующего фактора, причин такой структуры.

Выводы

1. Береговедение возникло в тот момент истории развития науки и социально-экономических характеристик общества, когда остро стал вопрос об активном индустриальном освоении береговой зоны и у общества появился практический интерес к природе береговой зоны морей и океанов.

2. Береговедение требовало строгости исследований, применения инструментальных методов, цифровой характеристики протекающих природных процессов, действующих факторов и механизмов в береговой зоне моря. В этой связи изначально зарождение и дальнейшее развитие береговедения было тесно связано с фундаментальными науками — физикой, математикой, химией, биологией. Практические приложения береговой науки требовали учета опыта технических наук.

3. Береговедение изучает сложную природную систему на контакте моря и суши. Главным образом море является доминирующим источником действующей энергии, а суша — основной источник осадочного вещества. В отличие от суши и моря, в береговой зоне руководящим видом действующей энергии является механическая («гидрогенная»), остальные виды энергии (световая, тепловая, химическая, гравитационная, сейсмическая) играют сугубо подчиненную роль, а значимыми они бывают в отдельных регионах.

4. Исторически сложилось так, что влияние физики и математики оказалось совместным и шло практически параллельно (в физику уже прочно внедрилась математика). Это влияние в наибольшей мере затронуло гидрогенные процессы (взаимодействие ветрового потока с поверхностью моря, ветровые, приливные и анемобарические волны и продуцированные ими течения, кратковременные колебания уровня), в меньшей мере — литодинамические (распределение наносов в волновом потоке) и морфодинамические (оползневые и обвальные, формирование пляжей) процессы.

5. В течение всей истории формирования береговедения влияние биологии шло совместно с влиянием химии. В наибольшей мере эти две науки повлияли на научные положения раздела о неволновых (хемогенных и биогенных) процессах в береговой зоне. Взаимодействие береговедения и технических наук было обусловлено активным внедрением береговедческой информации в техническое освоение морских берегов и прибрежного дна.

6. Влияние фундаментальных наук предопределило характер воздействия определенных географических наук. В итоге заложились и стало реальностью структурирование береговедения, органическое его разделение на отдельные разделы.

Литература

1. Айбулатов Н. А., Аксенов А. А. И на деревянных кораблях плавали железные люди. — Москва: Наука, 2003. — 303 с.
2. Айбулатов Н. А., Артюхин Ю. В. Геоэкология шельфа и берегов Мирового океана. — Ленинград: Гидрометеоздат, 1993. — 304 с.
3. Арманд Д. Л. Физическая география в наши дни. — М.: Знание, 1968. — 48 с.
4. Башкиров Г. С. Динамика прибрежной зоны моря. — М.: Морской транспорт, 1961. — 220 с.

5. Глуховский Б. Х. Исследование морского ветрового волнения. — Ленинград: Гидрометеоздат, 1966. — 284 с.
6. Гришанков Г. Е. Введение в физическую географию: предмет и метод. — К.: Знання, 2001. — 250 с.
7. Есин Н. В., Савин М. Т., Жилиев А. П. Абразионный процесс на морском берегу. — Ленинград: Гидрометеоздат, 1980. — 200 с.
8. Жданов Ю. А., Кедров Б. М. Химия // БСЭ / Гл. ред. А. М. Прохоров. — Т. 28. — М.: Изд-во Сов. энциклопедия, 1977. — С. 279–284.
9. Зенкович В. П. Основы учения о развитии морских берегов. — М.: Изд-во АН СССР, 1962. — 710 с.
10. Берега: природа мира / П. А. Каплин, О. К. Леонтьев, С. А. Лукьянова, Л. Г. Никифоров. — М.: Мысль, 1991. — 480 с.
11. Кедров Б. М. Предмет и взаимосвязь естественных наук. — М.: Наука, 1967. — 436 с.
12. Колмогоров А. И., Красовский А. И. Математика // БСЭ / Гл. ред. А. М. Прохоров. — Т. 15. — М.: Изд-во Сов. энциклопедия, 1977. — С. 467–478.
13. Лебедев Д. В. Биология // БСЭ / Гл. ред. А. М. Прохоров. — Т. 3. — М.: Изд-во Сов. энциклопедия, 1977. — С. 347–356.
14. Леонтьев И. О. Динамика прибойной зоны. — М.: ИОАН СССР, 1988. — 184 с.
15. Лонгинов В. В. Динамика береговой зоны бесприливных морей. — М.: Изд-во АН СССР, 1963. — 336 с.
16. Лымарев В. И. Отечественные исследователи прибрежных зон морей и океанов. — Архангельск: Север, 2002. — 266 с.
17. Маринич О. М. Структура географічної науки та її сучасний стан в Україні // Український географ. журнал. — 1993. — № 1. — С. 4–8.
18. Панов Д. Г. Общая геоморфология. — М.: Высшая школа, 1966. — 427 с.
19. Плахотник А. Ф. Структура наук об океане. — М.: Мысль, 1981. — 142 с.
20. Прохоров А. М. Физика // БСЭ / Гл. ред. А. М. Прохоров. — Т. 27. — М.: Изд-во Сов. энциклопедия, 1977. — С. 337–348.
21. Сафьянов Г. А. Береговая зона океана в XX веке. — М.: Мысль, 1978. — 263 с.
22. Сафьянов Г. А. Инженерно-геоморфологические исследования на берегах морей. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. — 150 с.
23. Сокольников Ю. Н. Инженерная морфодинамика берегов и ее приложения. — К.: Наукова думка, 1976. — 227 с.
24. Стоян А. А. Об истории формирования современного береговедения // Людина і довкілля: проблеми неоекології. — 2005. — Вип. 7. — С. 51–61.
25. Харвей Д. Научное объяснение в географии. — М.: Прогресс, 1974. — 502 с.
26. Фрадкин Н. Г. Географические открытия и научное познание. — М.: Мысль, 1972. — 132 с.
27. Шуйский Ю. Д. Проблемы исследования баланса наносов в береговой зоне морей. — Ленинград: Гидрометеоздат, 1986. — 240 с.
28. Шуйський Ю. Д. Типи берегів Світового океану. — Одеса: Астропринт, 2000. — 480 с.
29. Шуйский Ю. Д., Стоян А. А. Основные вехи истории формирования береговедения // Актуальні екологічні проблеми Півдня України: Зб. наук. ст. / Відп. ред. О. В. Давидов. — Херсон.: Вид-во ПП Вишемирський, 2006. — С. 173–186.

О. О. Стоян

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
кафедра фізичної географії та природокористування
вул. Дворянська, 2, Одеса-82, 65082, Україна

РОЛЬ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ НАУК У РОЗВИТКУ БЕРЕГОЗНАВСТВА

Резюме

Сучасне берегознавство сформувалося під впливом всіх фундаментальних наук (фізики, математики, хімії, біології). Широке застосування берегознавства в економіці обумовило його щільний зв'язок з технічними науками та господарською практикою.

Ключові слова: географія, берегознавство, наука, взаємовплив, береговий процес, вилування, математичні розрахунки, приладдя.

A. A. Stoyan

National Mechnikov's University of Odessa,
Physical Geography Dept.,
Dvoryanskaya St., 2, Odessa-82, 65082, Ukraine

ROLE OF FUNDAMENTAL SCIENCES IN EVOLUTION OF COASTAL SCIENCES

Summary

Modern coastal sciences is formed by impact of all of fundamental natural sciences (physics, mathematic, chemistry, biology). Coastal sciences wide applicability in economics that leads to stipulating the close relationship with technical sciences and economical practice.

Keywords: geography, coastal sciences, interaction, shore process, lixiviation, bioturbation, mathematical calculation, equipment.