

УДК [551.4.038:502.131.1](470.62)

## К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ БЕРЕГОВЫХ СИСТЕМ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

*М.С. Араkelов<sup>1</sup>, А.В. Долгова-Шхалахова<sup>1</sup>, С.А. Мерзаканов<sup>1</sup>,  
Е.А. Яйли<sup>1</sup>, А.Г. Арутюнян<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Филиал Российского государственного гидрометеорологического университета  
в г. Туапсе, gend\_arakelov@bk.ru

<sup>2</sup> Кубанский государственный университет

Береговые системы восточной части побережья Черного моря как единое целое прибрежной зоны и прилегающей к ней акватории являются одним из самых сложно анализируемых регионов, где сложилось сочетание самых разных геосистем, в крайней степени трансформированных хозяйственной деятельностью человека. В статье представлена разработанная авторами универсальная методика комплексной оценки устойчивости береговых систем региона для снижения рисков и уменьшения последствий природных и техногенных катастроф при территориальном планировании морехозяйственного комплекса.

*Ключевые слова:* берегопользование, береговые системы, морехозяйственный потенциал, устойчивость морских экосистем, Черное море, индикаторы, Краснодарский край, Республика Абхазия, экологические риски.

## TO THE APPLICATION OF THE INTEGRAL MODEL FOR ASSESSING THE SUSTAINABILITY OF COASTAL SYSTEMS OF THE BLACK SEA COAST OF KRASNODAR REGION

*M.S. Arakelov<sup>1</sup>, A.V. Dolgova-Shkhalakhova<sup>1</sup>, S.A. Merzakanov<sup>1</sup>,  
E.A. Yaili<sup>1</sup>, A.G. Arutyunyan<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> The Tuapse brunch of The Russian State Hydrometeorological University

<sup>2</sup> The Kuban State University

Coastal systems of the Eastern part of the Black sea coast as a whole of the coastal zone and adjacent waters are one of the most difficult regions to analyze, where a combination of different geosystems has developed, and human economic activity has transformed them to an extreme extent. The article presents the developed by the authors universal method of complex assessment of the stability of coastal systems of the region to reduce the risks and reduce the consequences of natural and man-made disasters in the territorial planning of the marine complex.

*Keywords:* use of banks, coastal systems, maritime potential, stability of marine ecosystems, Black Sea, indicators, Krasnodar Region, Republic of Abkhazia, environmental risks.

## Введение

Прибрежная зона восточного побережья Черного моря как неразрывная совокупность приморской территории и прилегающей акватории — один из наиболее сложных природных регионов, где сформировался сложный комплекс самых разнообразных геосфер и экосистем, а развитие промышленности и сельского хозяйства во многом изменило облик природы. Сегодня состояние прибрежных экосистем региона вызывает серьезную тревогу, порожденную не только социальными и чисто экономическими, но также природными причинами и вследствие этого экологическими и геоморфологическими факторами и сопутствующими рисками. При этом необходимо обратить внимание на то, что на восточном побережье Черного моря, логично объединяющем прибрежные зоны Краснодарского края Российской Федерации и Республики Абхазия, наблюдается тенденция интенсивной урбанизации, развития курортно-рекреационного комплекса и портовых мощностей, в несколько раз опережающих хозяйственное освоение территорий, расположенных вдали от берегов.

В целях дальнейшего развития региона и интенсификации берегопользования возникла необходимость в изучении экологических факторов, влияющих на состояние окружающей среды. В частности, необходимо создание универсального инструмента принятия управленческих решений. В качестве такого инструмента предлагается использовать интегральную модель оценки геоэкологического состояния и универсальную карту экологического районирования береговой территории восточной части Черного моря.

## Описание региона исследования

Восточное побережье Черного моря представляет собой единую как в геологическом, так и в геоэкологическом отношении природохозяйственную систему. Несмотря на существующие административные барьеры, здесь имеется единый формировавшийся веками эколого-экономико-социальный комплекс.

Республика Абхазия является одним из ближайших торгово-экономических и социокультурных партнеров Российской Федерации в Черноморском бассейне. Вместе с тем с учетом трансграничных потоков вещества Черноморское побережье России и Абхазии попадает в единую зону рисков природного и техногенного характера. В связи с этим только интегрированный подход к такого рода исследованиям может обеспечить максимальную целостность получаемых результатов и объективизм в формулировании выводов.

Черноморское побережье России (ЧПР) административно входит в состав Краснодарского края. Это узкая прибрежная полоса между Черным морем (его северо-восточной частью) и хребтами Большого Кавказа, которая простирается от косы Тузла (полуостров Тамань) до устья реки Псоу (Адлер, граница с Абхазией). Общая протяженность береговой линии исследуемого участка составляет 423 км.

Северная часть исследуемого побережья (от Тамани до Анапы) отличается большим разнообразием береговых ландшафтов. Здесь встречаются низменные участки, береговые уступы (клифы) высотой до 35 м. В палеодельте реки Кубани

располагаются множество болот, пресных озер и солоноватых лиманов, в прибрежной части — песчаные косы, пересыпи, отмели, острова, полуострова (полуостров Тамань). Около 40 км занимают песчаные пляжи Анапской пересыпи.

Южнее Анапы берег представлен клифами (местами высотой до 80 м), чередующимися выступами (полуостров Абрау, м Идокопас, м. Кодош) и врезками бухт, наиболее крупные из которых Цемесская и Геленджикская бухты. Линия берега на участке Туапсе — Адлер относительно ровная и ориентирована примерно с северо-запада на юго-восток. Примерно 145 км берега входит в состав пляжной полосы Большого Сочи, получившей название Российской Ривьеры. В Южной части исследуемого побережья находится Имеретинская низменность (междуречье Мзымта — Псоу).

### **Методология комплексной оценки устойчивости береговых систем**

Проведенный авторами аналитический обзор современной научно-технической, нормативной и методической литературы, касающейся тематики исследований и разработки, а также анализ существующего российского и международного опыта в области комплексной оценки устойчивости береговых систем показал, что в настоящее время отсутствует единый подход к оценке устойчивости береговых систем и воздействия на окружающую среду, обусловленного различного рода факторами [1].

Это обстоятельство позволяет авторам сделать вывод о необходимости использования многоуровневой системы оценки устойчивости береговых систем и береговой инфраструктуры с использованием предупреждающего и останавливающего пороговых уровней неблагоприятного воздействия. Существующие мировые и региональные методики оценки устойчивости береговых систем и воздействия на окружающую среду представляют собой общий свод правил, на основании которых разрабатываются национальные и/или локальные нормативные документы, отражающие региональные особенности береговых зон и береговой инфраструктуры [2].

Главная цель методологии комплексной оценки устойчивости береговых систем и береговой инфраструктуры различного пространственного уровня состоит в выявлении условий устойчивости и формирования морского потенциала функционирования и развития береговой инфраструктуры приморских территорий как территориальных систем различного пространственного уровня, а также их взаимодействия с окружающей средой.

Методология комплексной оценки устойчивости береговых систем и береговой инфраструктуры и анализа его составляющих может применяться для решения следующих задач:

— выявление и изучение факторов территориальной организации природы и общества в рамках береговых систем;

— исследование структуры и функциональных зависимостей между компонентами (факторами, признаками, индикаторами) устойчивости, которые объясняют характер внутрисистемных связей, формирующих оценку устойчивости

рассматриваемой береговой системы и ее изменчивость как внутри системы, так и между системой и окружающей средой;

— получение обобщающей комплексной оценки устойчивости береговых систем как оценки устойчивости функционирования и экономического развития под воздействием различных факторов;

— регионирувание, районирувание и типология береговых систем как территориальных систем различного пространственного уровня;

— разработка принципов стратегического развития береговых систем на определенный отрезок времени;

— научное обоснование управления береговыми территориальными системами и расположенной на ней инфраструктурой.

На сегодняшний день в работах и исследованиях по изучению береговых систем широкое признание получил индикаторный подход, который объединяет иные подходы к оценке устойчивости береговых систем и береговой инфраструктуры. Индикаторный подход подразумевает использование различных систем индикаторов для анализа и оценки состояния устойчивости и тенденции развития береговых систем.

Необходимость в разработке индикаторов устойчивого развития была отмечена в глобальной программе «Повестка дня на XXI век», принятой на Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 г. [3]. Эта программа была призвана подготовить мировое сообщество к решению проблем, с которыми цивилизация столкнулась, вступая в XXI век. Документ состоит из четырех разделов: социальные и экономические аспекты; сохранение и рациональное использование ресурсов в целях развития; усиление роли основных групп населения; средства осуществления. В 40-й главе этого документа («Информация для принятия решений») отмечено: «В целях создания надежной основы для процесса принятия решений на всех уровнях и содействия облегчению саморегулируемой устойчивости комплексных экологических систем и систем развития необходимо разработать показатели устойчивого развития».

Контроль за достижением целей устойчивого развития территориальных объектов, управление этим процессом, анализ экологического состояния прибрежной территории и, наконец, оценка эффективности используемых средств и уровня достижения поставленных целей требуют разработки соответствующих критериев и показателей — индикаторов устойчивого развития [4].

Таким образом, данная проблема трансформируется в необходимость построения целостной индикаторной системы для целей комплексной оценки устойчивости береговых систем и береговой инфраструктуры различного пространственного уровня.

Резюмируя вышесказанное, можно сделать вывод о том, что наиболее предпочтительной методикой, положенной в основу оценки устойчивости береговых систем восточной части Черного моря для снижения рисков и уменьшения последствий природных и техногенных катастроф при территориальном планировании морехозяйственного комплекса, является построение индикаторной системы регионального уровня. При этом построенная индикаторная система должна

учитывать максимально возможное число факторов и показателей, объединенных в три основные группы: геоморфологическое состояние береговой системы (БС) и природные риски, геоэкологическое состояние и риски антропогенного воздействия на БС, рекреационная адаптированность БС в целом. Такой подход позволяет постоянно совершенствовать систему оценки, подстраивать ее под определенные условия в зависимости от тех или иных объектов исследования [5].

Еще одним преимуществом данного подхода является то, что он не основан исключительно на статистических данных (которые зачастую не могут дать объективную оценку тех или иных показателей). Например, доступность пляжей для рекреантов, их аттрактивность являются исключительно субъективными характеристиками. Значение данных показателей получают путем применения методов тестирования, анкетирования, интервьюирования, т.е. с помощью непосредственного контакта с субъектом туристской деятельности — рекреантом.

Разработанная индикаторная система включает в себя три ступени агрегации данных (рис. 1). На первом этапе на основе общего массива данных рассчитываются индикаторы — безразмерные величины, характеризующие геоморфологическое и геоэкологическое состояние береговой системы, риски природного и техногенного характера, а также степень ее рекреационной освоенности и адаптированности к рекреационному использованию. На втором этапе полученные значения индикаторов агрегируются в соответствующие индексы по группам. И, наконец, на третьем этапе значения индексов объединяются в единый интегральный показатель. Для этого используется среднее арифметическое взвешенное значение, так как в состав индексов входит разное число индикаторов — в этом случае пренебречь весами не представляется возможным.



Рис. 1. Разработанная интегральная модель агрегации данных.



Рис. 2. Индикаторная система оценки устойчивости береговых систем восточной части Черного моря.

Представленные в модели индикаторы могут рассчитываться разными способами — путем сравнения данных по муниципальному образованию в составе BC с аналогичными данными по всей береговой системе в целом, а также путем сравнения данных с экстремальными значениями в пределах BC.

Итак, перечень показателей, которые мы использовали для построения интегральной модели оценки устойчивости береговых систем восточной части Черного моря, состоит из трех групп, а именно индикаторы геоморфологической структуры BC и природных рисков, геоэкологического состояния и антропогенной нагрузки на BC, рекреационной адаптированности BC (рис. 2).

Например, значение индикатора обеспеченности пляжами BC определяется в виде отношения протяженности (на единицу длины береговой линии) пляжей шириной более 10 м муниципального образования к протяженности (на единицу длины береговой линии) пляжей всей изучаемой береговой системы (BC), что дает возможные значения этого отношения в пределах от  $-1$  до  $1$ .

Расчет значения индикатора осуществляется по формуле

$$I_{\text{ОбПл}} = 1 - \frac{L_{\text{ПлМО}}/L_{\text{МО}}}{L_{\text{ПлBC}}/L_{\text{BC}}}, \quad (1)$$

где  $I_{ОбПл}$  — индикатор обеспеченности пляжами,  $L_{Плмо}$  — протяженность пляжей шириной более 10 м муниципалитета (км),  $L_{ПлБС}$  — протяженность пляжей шириной более 10 м береговой системы в целом (км),  $L_{мо}$  — протяженность береговой линии муниципалитета (км),  $L_{БС}$  — протяженность береговой линии всей БС (км).

Значение индекса геоморфологической структуры БС и природных рисков определяется как среднее арифметическое значение входящих в него индикаторов: обеспеченности пляжами, годового твердого стока рек, уровня солнечной активности и доли берегов, подверженных абразии и штормоопасности:

$$I_{Ггеоморф.риск.} = \frac{I_{ОбПл} + I_{ТСП} + I_{С/Акт} + I_{Абраз} + I_{Штг.}}{5} \quad (2)$$

Значение интегрального показателя устойчивости береговой системы определяется как среднее арифметическое взвешенное значение входящих в него индексов: геоморфологической структуры БС и природных рисков, геоэкологического состояния и антропогенной нагрузки на БС, рекреационной адаптированности БС:

$$I_{убс.} = \frac{5I_{Ггеоморф.риск.} + 6I_{Ггеоэкол.риск.} + 6I_{Рекре.адапт.}}{17} \quad (3)$$

В табл. 1 представлены результаты расчета интегрального показателя для всех муниципальных образований. Полученные данные иллюстрирует картосхема распределения интегрального показателя устойчивости береговых систем по муниципальным образованиям исследуемого региона, представленная на рис. 3.

Как следует из результатов расчета интегрального показателя, в целом береговые системы восточной части Черного моря характеризуются средним уровнем устойчивости. Исключение составляет береговая зона муниципального образования г. Новороссийска, где велики риски как природного, так и антропогенного характера. Тем не менее из проведенного анализа следует, что вся береговая зона исследуемого региона в большей или меньшей степени подвержена влиянию природных и антропогенных рисков. Этот факт необходимо учитывать при планировании развития морехозяйственного комплекса региона.

Таблица 1

Результаты расчета интегрального показателя устойчивости береговых систем восточной части Черного моря

Муниципальное образование	Индекс геоморфологической структуры БС и природных рисков	Индекс геоэкологического состояния и антропогенной нагрузки на БС	Индекс рекреационной адаптированности БС	Интегральный показатель устойчивости БС
Город-курорт Анапа	-0,144	0,319	0,132	0,117
Город Новороссийск	-0,297	-0,779	-0,681	-0,603
Город-курорт Геленджик	-0,309	0,247	0,352	0,121
Туапсинский район	0,162	0,176	-0,107	0,072
Город-курорт Сочи	0,219	0,058	0,516	0,267

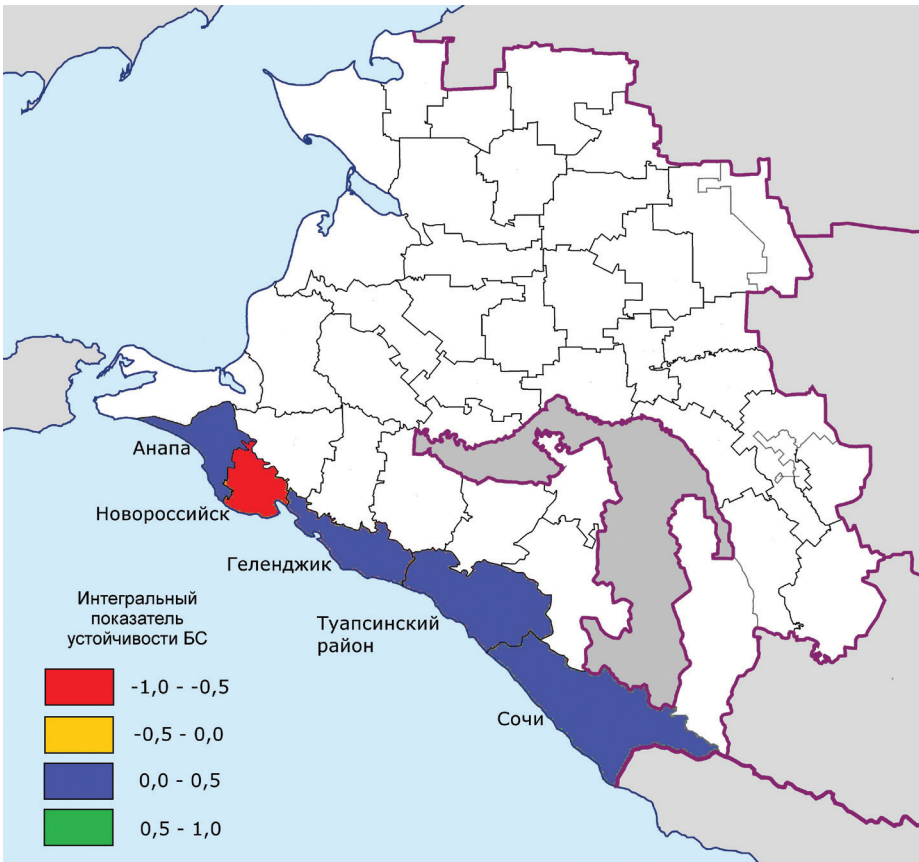


Рис. 3. Картограмма распределения интегрального показателя устойчивости береговых систем восточной части Черного моря.

### Заключение

По мнению авторов, разработанная интегральная модель оценки устойчивости береговых систем является эффективным инструментом принятия управленческих решений при планировании развития морехозяйственного комплекса региона. При этом поэлементный анализ значений интегрального показателя позволяет выявить причинно-следственные связи между текущим состоянием береговых систем и факторами и рисками, оказывающими, напрямую или опосредованно, влияние на их состояние.

*Результаты работы были получены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 17-55-40014 Абх\_а «Разработка научных основ комплексной оценки устойчивости береговых систем восточной части Черного моря для снижения рисков и уменьшения последствий природных и техногенных катастроф при территориальном планировании морехозяйственного комплекса»).*



### *Список литературы*

1. *Аракелов М.С., Гогоберидзе Г.Г., Жамойда В.А., Рябчук Д.В., Яйли Д.Е., Яйли Е.А.* Экология берегов. Как сохранить пляжи Туапсинского района Краснодарского края // *Экология и жизнь*. 2011. № 4. С. 70—75.
2. *Музалевский А.А.* Индикаторы и индексы экодинамики. Методологические аспекты проблемы экологических индикаторов и индексов устойчивого развития / Труды 3-й Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям. СПб, 2000. С. 36—46.
3. Официальный сайт Организации Объединенных Наций / Раздел «Конвенции и соглашения» [электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/conventions/agenda21](http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/agenda21) (дата обращения 18.02.2018 г.).
4. *Темиров Д.С., Ибрагимов К.Х., Аракелов М.С.* Управление территориальными рекреационными системами. Краснодар: Издательский дом «Юг», 2012. 236 с.
5. *Яйли Е.А., Темиров Д.С., Гогоберидзе Г.Г., Рябчук Д.В., Жамойда В.А., Яйли Д.Е., Аракелов М.С.* Управление развитием и геоэкологическое районирование территориальных рекреационных систем в прибрежных зонах. СПб: Изд-во РГГМУ, 2011. 350 с.