УДК 502.53(262.5)

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ БЕРЕГОВЫХ СИСТЕМ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОДХОДА

¹Аракелов М.С., ¹Аракелов А.С., ¹Яйли Е.А., ¹Яйли Д.Е., ¹Мерзаканов С.А.,²Гогоберидзе Г.Г., ¹Долгова-Шхалахова А.В., ³Ахсалба А.К., ³Жиба Р.Ю., ⁴Крыленко М.В.¹Филиал ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет»,
Туапсе, e-mail: kafirnigan@mail.ru;²ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет»,
Санкт-Петербург, e-mail: ggg@rshu.ru;³Институт экологии Академии наук Абхазии, Сухум, e-mail: asida_cen@mail.ru;⁴Институт океанологии им. П.П. Ширишова РАН, Южное отделение (Геленджик),
Геленджик, e-mail: krylenko@mail.ru

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, а хозяйственная деятельность человека в крайней степени трансформировала их. На сегодняшний день прибрежные экосистемы региона находятся в состоянии, вызывающем ряд опасений из-за наличия не только социально-экономических, но и природных проблем и, как следствие, сопутствующих природных и техногенных рисков. Также важно понимать, что данный регион, включающий в единое пространство прибрежную территорию Краснодарского края Российской Федерации и Республики Абхазия, представляет собой зону высоко урбанизированную, с развитой туристско-рекреационной индустрией и портовыми хозяйствами, и опережающую в разы темпы развития внутренних территорий. Исходя из задачи устойчивого развития данной территории, необходим анализ факторов природного и техногенного характера, оказывающих влияние на береговые системы. Налицо необходимость формирования эффективного всеобъемлющего механизма принятия управленческих решений. В исследовании предлагается такой механизм – интегральная модель комплексной оценки устойчивости прибрежных экосистем восточной части Черного моря. Таким образом, в статье представлена разработанная авторами универсальная методика «комплексной оценки устойчивости береговых систем Черноморского побережья Краснодарского края и Республики Абхазия 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

SOME ASPECTS OF INTEGRATED SUSTAINABILITY ASSESSMENT OF COASTAL SYSTEMS OF THE EASTERN PART OF THE BLACK SEA ON THE BASIS OF AN INTEGRATED APPROACH

¹Arakelov M.S., ¹Arakelov A.S., ¹Yayli E.A., ¹Yayli D.E., ¹Merzakanov S.A., ²Gogoberidze G.G.,¹Dolgova-Shkhalakhova A.V., ³Akhsalba A.K., ³Zhiba R.Yu., ⁴Krylenko M.V.¹The Tuapse branch of The Russian State Hydrometeorological University, Tuapse,
e-mail: kafirnigan@mail.ru;²The Russian State Hydrometeorological University, Saint-Petersburg, e-mail: ggg@rshu.ru;³Institute of Ecology of the Academy of Sciences of Abkhazia, Sukhum, e-mail: asida_cen@mail.ru;⁴Southern Branch of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology, RAS, Gelendzhik, e-mail: krylenko@mail.ru

Coast Eastern coast of the Black sea as a whole the coastal zone and adjacent waters is one of the most difficult of the analyzed regions, where there is a combination of a variety of geosystems and human activities in extreme degree transformed them. Today the coastal ecosystems of the region are in a state that raises a number of concerns due to the presence of not only socio-economic but also the environmental problems, and as a result associated with natural and technological risks. It is also important to understand that this region, which includes in a single space of the coastal territory of the Krasnodar territory of the Russian Federation and the Republic of Abkhazia, is a highly urbanized area with developed tourist and recreational industry and port farms, and transcending at times the pace of development of inland territories. Based on the sustainable development of this territory, necessary to analyze the factors of natural and man-made disasters that affect the coastal system. There is a need for creating an effective comprehensive mechanism for management decision-making. The study proposes a mechanism – integrated model integrated assessment of the sustainability of coastal ecosystems of the Eastern part of the Black sea. Thus, the article presents the authors developed a universal methodology «integrated assessment of sustainability of coastal systems of the black sea coast of Krasnodar region and the Republic of Abkhazia to mitigate the risks and reduce the consequences of natural and technogenic disasters spatial planning Maritime complex».

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

Прибрежные территории всегда представляют собой зону интеграции всех оболочек Земли: гидросферы, литосферы, атмосферы и биосферы. В пределах этой контактной зоны под влиянием и воздействием разнообразных природных условий и факторов происходит формирование и функционирование специфических прибрежных экосистем. Кроме того, береговая зона является объектом активного хозяйственного использования, начиная с добычи морепродуктов и полезных ископаемых, строительства гидротехнических сооружений различного назначения, промышленного освоения и заканчивая развитием рекреационных зон. Данные виды деятельности оказывают существенное влияние на природно-экологические и социально-экономические факторы, а через них на ход природных прибрежных экологических процессов.

Российская научная школа внесла значительный вклад в разработку современных подходов к решению различных проблем, возникающих при освоении и развитии прибрежных экосистем. Это нашло отражение в трудах ведущих отечественных ученых: М.М. Амирханова, М.Ю. Беликова, Е.Н. Борисенко, Б.С. Залогина, П.А. Каплина, С.Л. Сычева, О.К. Лентьева, Л.Г. Никифорова, С.Я. Сергина, И.В. Шевченко, и других, а также зарубежных исследователей У. Айзарда, Р. Кнехта, Б. Сисин-Сайн и др. [1].

Последние межнациональные документы, – такие как Повестка 21, Глава 17 (Agenda 21, Chapter 17); Конвенция по биологическому разнообразию (the Convention on Biological Diversity); Барбадосский план действия (the Barbados Action Plan); Глобальная программа действия по защите Мировой Окружающей среды от наземных источников (the Global Program of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-Based Sources), программы ООН, UNEP и т.д., – призывают к межсекторальному подходу к управлению территориальными объектами и особо подчеркивают важность и уместность использования индикаторов прибрежной зоны и территориальных объектов.

Знаковая международная конференция «Роль индикаторов в комплексном управлении прибрежной зоной», проходившая в Оттаве в 2002 г., показала, кроме важности использования индикаторных методов в управлении и прогнозировании процессов устойчивого развития, также и необхо-

димость международного сотрудничества для построения систем индикаторов для различных уровней управления. Согласно А.А. Музалевскому, «под индикатором рекомендуется понимать элемент информации, который:

а) является характеристикой, используемой в интересах процесса управления, и может быть применен для планирования подобного процесса;

б) играет роль, выходящую за пределы его непосредственного значения» [2].

Тем не менее на сегодняшний день вопрос взаимного увязывания индикаторов, описывающих экономическую, социальную и экологическую стороны хозяйственной деятельности человека, остается открытым. Существующие на данный момент рекомендации крайне обобщены, что неэффективно в конкретных практических целях.

Всемирный Банк в 1996 г. рекомендовал разделение индикаторов на группы и подгруппы исходя из изучаемых явлений и процессов. Однако в этом случае в одном разделе индикаторной системы окажутся индикаторы разного масштаба, например глобального и регионального. Исходя из указанных выше рекомендаций можно определить три категории индикаторов:

- антропогенного воздействия,
- состояния,
- ответной реакции общества.

Известно, что «под системой индикаторов понимается группа индикаторов, объединенная пространственной, временной либо предметной аналогией. В соответствии с принципами Морской доктрины по предметной принадлежности индикаторы предлагается классифицировать как:

- физико-географические индикаторы,
- экономико-географические индикаторы,
- политико-географические индикаторы,
- военно-географические индикаторы» [3].

Важность рассмотрения зарубежного опыта проектирования индикаторных систем объясняется прежде всего отсутствием значительного опыта в данной области в Российской Федерации, причем в большей степени это касается приморских регионов РФ. В качестве наиболее перспективных примеров выделяется монография А.О. Полынева, в которой автор рассматривает проблемы эффективного государственного регулирования социально-экономического развития российских регионов и формирования базовых условий для подъема экономики и обеспечения устойчивого развития слабых и депрессивных территорий.

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, а хозяйственная деятельность человека в крайней степени трансформировала их. На сегодняшний день прибрежные экосистемы региона находятся в состоянии, вызывающем ряд опасений из-за наличия не только социально-экономических, но и природных проблем и, как следствие, сопутствующих природных и техногенных рисков. Также важно понимать, что данный регион, включающий в единое пространство прибрежную территорию Краснодарского края Российской Федерации и Республики Абхазия, представляет собой зону высокоурбанизированную, с развитой туристско-рекреационной индустрией и портовыми хозяйствами, и опережающую в разы темпы развития внутренних территорий.

С учетом вышеизложенного весьма актуальной становится проблема детального анализа и оценки природно-техногенного воздействия на экосистему прибрежной зоны и прогноз реакции экосистемы путем создания системы комплексного экологического мониторинга. Вместе с тем отмечаемое увеличение природных рисков, как один из важнейших экологических факторов, безусловно, влияет на современное состояние и перспективы дальнейшего развития береговых экосистем.

В данном контексте необходимо с принципиально новых позиций осмыслить последствия воздействия природных условий и техногенеза на прибрежные экосистемы восточной части Черного моря как неразрывной совокупности прибрежной территории и соседствующей с ней акватории. Создаваемая система комплексного экологического мониторинга с учетом рисков природного и антропогенного воздействия позволяет считать поставленную выше проблему чрезвычайно актуальной.

Исходя из задачи устойчивого развития данной территории, необходим анализ факторов природного и техногенного характера, оказывающих влияние на береговые системы. Налицо необходимость формирования эффективного всеобъемлющего механизма принятия управленческих решений. В исследовании предлагается такой механизм – интегральная модель комплексной оценки устойчивости прибрежных экосистем восточной части Черного моря.

Цель исследования

На основе вышеизложенного можно сформулировать цель исследования как разработку «универсальной методики комплексной оценки устойчивости береговых систем Черноморского побережья Краснодарского края и Республики Абхазия для снижения рисков и уменьшения последствий природных и техногенных катастроф при территориальном планировании морехозяйственного комплекса» [4].

Материалы и методы исследования

Для достижения сформулированной цели необходимо было решить ряд задач:

1. Изучение и теоретическое обоснование механизмов формирования пространственно-временной структуры природоресурсного потенциала Черноморского побережья Краснодарского края и Республики Абхазия в условиях сложной хозяйственно-экономической структуры.
2. Анализ природно-климатических факторов и факторов ресурсопользования, влияющих на экологическое состояние территории исследуемого региона.
3. Выявление взаимосвязи между факторами природного и антропогенного характера и математическая интерпретация их интегрирования в единую модель.
4. Разработка метода расчета индикаторов и интегральных показателей, характеризующих экологическое состояние приморских территорий региона.
5. Изучение пространственно-временной изменчивости экологического состояния (качества природной среды) исследуемого региона.
6. Разработка метода составления картосхем, отражающих пространственную дифференциацию значений индикаторов экологического и геоморфологического состояния региона.
7. Разработка метода определения путей и условий устойчивого развития и перспектив освоения территории Черноморского побережья Краснодарского края и Республики Абхазия на основе интегральной модели оценки.

Результаты исследования и их обсуждение

В рамках проведенного исследования коллективом авторов разработан перечень индикаторов, используемых для построения индикаторной модели оценки устойчивости прибрежных экосистем восточной части Черного моря (рисунок). Данная модель включает в себя три ступени агрегации данных. На первом этапе на основе общего массива данных рассчитываются индикаторы – безразмерные величины, характеризующие геоморфологическое, 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. Причем

в качестве методики расчета индексов принята средняя арифметическая простая – как наиболее полно отвечающая задачам исследования. И, наконец, на третьем этапе значения индексов объединяются в единый интегральный показатель. Для этого применяется средняя арифметическая взвешенная, так как в состав индексов входит разное количество индикаторов – в этом случае весами пренебречь не представляется возможным [5].

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

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

Расчет значения индикатора осуществляется по формуле

$$I_{\text{ОбПл}} = 1 - \frac{L_{\text{Плмо}}/L_{\text{мо}}}{L_{\text{ПлБС}}/L_{\text{БС}}}, \quad (1)$$

где $I_{\text{ОбПл}}$ – индикатор обеспеченности пляжами, ед.;

$L_{\text{Плмо}}$ – величина протяженности пляжей с шириной более 10 м муниципалитета, км;

$L_{\text{ПлБС}}$ – величина протяженности пляжей с шириной более 10 м береговой системы в целом, км;

$L_{\text{мо}}$ – протяженность береговой линии муниципалитета, км;

$L_{\text{БС}}$ – протяженность береговой линии всей БС, км.

Значение индикатора уровня солнечной активности определяется в виде удвоенного отношения разницы между величиной количества солнечных дней в конкретном муниципальном образовании и его минимальным значением в целом по всей БС к разнице величин максимального и минимального значения данного показателя в БС, за минусом единицы, что дает возможные значения этого отношения в пределах от –1 до +1:

$$I_{\text{С/акт}} = 2 * \frac{C_{\text{мо}} - C_{\text{min}}}{C_{\text{max}} - C_{\text{min}}} - 1, \quad (2)$$

где $I_{\text{С/акт}}$ – индикатор уровня солнечной активности, ед.;

$C_{\text{мо}}$ – количество солнечных дней в муниципальном образовании, дн.;

C_{max} – минимальное количество солнечных дней по всей БС, дн.;

C_{min} – максимальное количество солнечных дней по всей БС, дн.

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

$$I_{\text{Геоморф.риск.}} = \frac{I_{\text{ОбПл}} + I_{\text{ТСР}} + I_{\text{С/Акт}} + I_{\text{Абраз}} + I_{\text{Шт}}}{5}. \quad (3)$$

Значение индекса геоэкологического состояния и антропогенной нагрузки на БС определяется как средняя арифметическая из входящих в него индикаторов: величины выбросов в атмосферу, объема сбросов сточных вод, объема поступления ТКО (ТБО), качества воды в устьях основных рек, уровня транспортной нагрузки на БС, застроенности территории БС:

$$I_{\text{Геоэкол.риск.}} = \frac{I_{\text{ЗА}} + I_{\text{ЗСС}} + I_{\text{Зтбо}} + I_{\text{КВ}} + I_{\text{ТН}} + I_{\text{Застр}}}{6}. \quad (4)$$

Значение индекса рекреационной адаптированности БС определяется как средняя арифметическая из входящих в него индикаторов: рекреационной нагрузки на БС, наличия классифицированных пляжей, благоустройства пляжей, санитарного состояния пляжей, доступности пляжей БС для рекреантов, аттрактивности БС:

$$I_{\text{Рекре.Адапт.}} = \frac{I_{\text{Рекре.Нагр.}} + I_{\text{Класс.Пл.}} + I_{\text{Благ.Пл.}} + I_{\text{Сан.Сост.}} + I_{\text{Доступ.Пл.}} + I_{\text{Аттракт.БС}}}{6}. \quad (5)$$

Значение интегрального показателя устойчивости береговой системы определяется как средняя арифметическая взвешенная из входящих в него индексов: геоморфологической структуры БС и природных рисков, геоэкологического состояния и антропогенной нагрузки на БС, рекреационной адаптированности БС:

$$I_{\text{УБС}} = \frac{5 \times I_{\text{Геоморф.риск.}} + 6 \times I_{\text{Геоэкол.риск.}} + 6 \times I_{\text{Рекре.адапт.}}}{17}. \quad (6)$$

Интегральная модель оценки устойчивости береговых систем

Выводы

Таким образом, авторам видится, что разработанная интегральная модель оценки устойчивости береговых систем может стать эффективным инструментом решения поставленной выше задачи. Апробация данной модели на береговых системах восточной части Черного моря показала эффективность данного подхода, а также позволила говорить о дальнейшей его универсализации к другим прибрежным регионам в Российской Федерации и за рубежом.

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. Бобылев С.Н. Индикаторы устойчивого развития для России (эколого-экономические аспекты) / С.Н. Бобылев, П.А. Макеев. – М.: Изд. ЦПРП, 2002. – 124 с.
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. Аракелов М.С. Методика геоэкологического районирования приморских территорий Туапсинского района Краснодарского края на основе индикаторного подхода: автореф. дис. ... канд. геогр. наук (25.00.33) / Аракелов Михаил Сергеевич; Рос. гос. гидромет. университет. – СПб., 2011. – 24 с.

4. Гончаров О.Д. «О прибрежной зоне Краснодарского Причерноморья» / в Сб. Всероссийской научно-практической конференции «Влияние рекреационной деятельности на социально-экономическую ситуацию в регионах». – Туапсе, 2007. – 154 с.

5. Мекуш Г.Е. Индикаторы устойчивого развития Кемеровской области / Г.Е. Мекуш, Е.В. Перфильева. – Новокузнецк: РОО «ИнЭКА», 2004. – 56 с.

References

1. Bobylev S.N. Indikatory ustojchivogo razvitiya dlja Rossii (jekologo-jekonomicheskie aspekty) / S.N. Bobylev, P.A. Makeenko. M.: Izd. CPRP, 2002. 124 p.
2. Muzalevskij A.A. Indikatory i indeksy jekodinamiki. Metodologicheskie aspekty problemy jekologicheskikh indikatorov i indeksov ustojchivogo razvitiya // Trudy 3-j Mezhdunarodnoj konferencii po mjagkim vychislenijam i izmerenijam. SPb., 2000. pp. 36–46.
3. Arakelov M.S. Metodika geojekologicheskogo rajonirovanija primorskih territorij Tuapsinskogo rajona Krasnodarskogo kraja na osnove indikatornogo podhoda: avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk (25.00.33) / Arakelov Mikajel Sergeevich; Ros. gos. gidromet. universitet. SPb., 2011. 24 p.
4. Goncharov O.D. «O pribrezhnoj zone Krasnodarskogo Prichernomorja» / v Sb. Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Vlijanie rekreacionnoj dejatel'nosti na socialno-jekonomicheskiju situaciju v regionah». Tuapse, 2007. 154 p.
5. Mekush G.E. Indikatory ustojchivogo razvitiya Kemeroovskoj oblasti / G.E. Mekush, E.V. Perfiljeva. Novokuzneck: ROO «InJeKA», 2004. 56 p.