

В.В. Дроздов

**КОМПЛЕКСНАЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ ВНУТРЕННИХ МОРЕЙ:
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ**

V. V. Drozdov

**COMPLEXED GEO-ECOLOGICAL ASSESSMENT
OF INLAND SEAS ECOSYSTEMS:
THE SCIENTIFIC AND PRACTICAL APPROACHES AND METHODS**

Обоснована современная актуальность и значимость применения комплексных геоэкологических исследований экосистем внутренних морей с учетом их природных особенностей и специфики антропогенного воздействия. Предложена и рассмотрена структура морской геоэкологической системы, включающая природные и природно-технические подсистемы. Показаны возможности применения ряда научных подходов и методов в геоэкологических исследованиях экосистем Балтийского, Белого, Черного и Азовского морей. Сформулированы требования к осуществлению комплексной геоэкологической оценки морских экологических систем (КГЭО-МЭС).

Ключевые слова: внутренние моря Европы, морская геоэкологическая система, научные подходы и методы, комплексная геоэкологическая оценка.

The urgency and importance in the present conditions of complex geo-ecological research inland seas taking into account their natural characteristics and specific human impact. Proposed and examined the structure of marine geo-ecological systems, including natural and natural-technical subsystem. On concrete examples showing the possibility of applying scientific approaches and methods in geo-ecological studies ecosystem of the Baltic, White, Black and Azov Seas. The requirements for the implementation of an complexed geo-ecological assessment of marine ecological systems (CGEA-MES).

Key words: inland sea of Europe, marine geo-ecological system, scientific approaches and methods, integrated geoecological assessment.

Введение

В последние десятилетия во многих странах мира на фоне изменений климата и ряда экологических и социально-экономических кризисных явлений начали разрабатываться новые научно-практические подходы применительно к обеспечению рационального природопользования и устойчивого развития. Стимулом для активизации исследований в данном направлении послужила Декларация по окружающей среде и развитию, принятая по итогам Международной конференции Организации объединенных наций (ООН) по окружающей среде и развитию 3–14 июня 1992 г. в г. Рио-де-Жанейро (Бразилия). Декларация включает в себя 27 принципов, которые определяют права и обязанности стран в деле обеспечения развития и благосостояния людей. Кроме того, на конференции в Рио-де-Жанейро была принята «Повестка дня на

XXI век» — Программа устойчивого развития с социальной, экономической и экологической точек зрения. В дальнейшем, с 26 августа по 4 сентября 2002 г. в Йоханнесбурге (ЮАР) состоялась Всемирная встреча на высшем уровне по устойчивому развитию, которая помогла обобщить результаты, которых удалось достичь в процессе внедрения принятых ранее деклараций. В июне 2012 г. в Рио-де-Жанейро состоялась новая конференция по окружающей среде и развитию. В результате был сформулирован ряд базовых принципов, внедрение которых в практику морского природопользования и водного хозяйства должно способствовать решению глобальных проблем современности [10]:

- защита океана и морей от чрезмерного вылова рыбы для сохранения важнейших промысловых популяций;
- защита от деградации морских экосистем при учете отрицательного воздействия на них колебаний климата;
- улучшение способов сохранения и управления водными ресурсами в целях содействия развитию и защиты от опустынивания и др.

Программа Организации объединенных наций по окружающей (англ. UNEP — United Nations Environment Programme) учреждена на основе резолюции Генеральной Ассамблеи ООН № 2997 от 15 декабря 1972 г. для развития международной координации в деле охраны окружающей среды. Деятельность UNEP включает в себя реализацию различных проектов в области экологии на региональном и глобальном уровнях, в том числе применительно к оценке колебаний климата и их влиянию на состояние морских и наземных экосистем [17].

Нормативные акты и рекомендации в области охраны окружающей среды и оценки экосистемных следствий изменчивости климата, разработанные при реализации различных международных природоохранных Программ и Комиссий [10, 14, 15, 16, 17], нашли свое отражение в ряде российских документов: климатической доктрине Российской Федерации, принятой 17.12.2009, в ряде государственных программ, таких как «Охрана окружающей среды на 2012–2020 годы» и «Развитие науки и технологий на 2013–2020 годы» от 15.04.2014 г.; «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года» от 21.04.2014; «Развитие гражданкой морской техники на 2009–2016 годы» от 21.02.2008 и ряде других. Кроме того, в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 7 июля 2011 г. № 899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации», обеспечение экологической безопасности и рационального природопользования рассматривается в качестве важных государственных задач.

Основной задачей геоэкологии как междисциплинарного научного направления является изучение изменений жизнеобеспечивающих ресурсов геосферных оболочек биосферы под влиянием природных и антропогенных факторов, их охрана, рациональное использование и контроль с целью сохранения для нынешних и будущих поколений людей продуктивной природной среды. Термин «геоэкология» впервые ввёл немецкий географ Карл Тролл (нем. Carl Troll) (1899–1975) в 1960-х гг., понимая под этим географическую экологию — учения о взаимодействии рельефа, климата, растительности и человеческого общества [18]. Такое понятие геоэкологии в основном соответствует понятиям «глобальная экология» М.И. Будыко [2], содержанию учебника

В.Н. Голубева [4] по данной дисциплине, а также учебного пособия Н.П. Смирнова, изданного в РГГМУ в 2011 г. [11]. Очевидно, что осуществление именно геоэкологических исследований способно в значительной степени способствовать решению ряда важных современных национальных государственных и международных задач в области охраны окружающей среды, оценки ее изменений под влиянием природных и антропогенных процессов и факторов и рационального природопользования.

Целью настоящей работы является обоснование применимости конкретных научно-практических подходов и методов для осуществления комплексной геоэкологической оценки состояния таких сложных природных объектов как экосистемы внутренних морей Европы, что могло бы способствовать успешной реализации российских и международных природоохранных проектов.

Структура морской геоэкологической системы

Экосистемы внутренних морей Европы — Балтийского, Белого, Черного и Азовского, являются сложными природными системами, с наличием существенного антропогенного воздействия. В некоторых акваториях по причине значительного антропогенного преобразования (портовые комплексы, устьевые зоны рек, районы дамб и плотин, подводные трубопроводные комплексы и др.) окружающая среда является по сути природно-антропогенной.

В состав морской геоэкологической системы целесообразно включать и рассматривать две главные подсистемы первого порядка: **природная экологическая** и **морская хозяйственная**. Каждая из этих подсистем включает в свой состав более мелкие подсистемы второго порядка: экологическая подсистема состоит из **геоценоза**, включающего природные абиотические компоненты (климатические, геологические, океанологические, гидрологические и гидрохимические параметры) и **биоценоза** включающего природные биотические компоненты (совокупность биологических видов водных организмов, принадлежащих к экологическим группам планктона, nekтона и бентоса и их структурно-функциональные показатели, в том числе биопродуктивность). Морская хозяйственная подсистема имеет в своем составе **природно-технические береговые** и **природно-технические бассейновые** системы, а также **природно-технические и технические** системы, функционирующие в открытом море (подводные трубопроводы, добывающие платформы, морские полигоны, регулярные маршруты судов). Выбор принципов, подходов, методов и методологии изучения столь сложных объектов должен основываться на понимании их структуры и внутренних взаимосвязях. На рис. 1 представлена обобщенная структурная схема морской геоэкологической системы применительно к внутренним морям Европы, анализ которой позволяет выработать научные подходы для комплексного эффективного изучения данных объектов.

Следует отметить, что учет геологических параметров при исследовании функционирования геосистем внутренних морей Европы весьма важен для их биосистем. Белое, Балтийское, Черное и Азовское моря обладают в различной степени ослабленной связью с Мировым океаном и смежными морскими акваториями. Данная связь осуществляется через зоны проливов, обладающих весьма не равномерным подводным рельефом. От ширины и глубины проливов, а также от наличия порогов и

других подводных препятствий во многом зависят параметры адвективного водообмена указанных внутренних морей соответственно с Баренцевым, Северным, Мраморным, Средиземным и Черным морями. Природные геологические изменения в зоне проливов, связанные с геодинамическими процессами в земной коре или антропогенной морской хозяйственной деятельностью, способны весьма значительно и быстро повлиять на водообмен и баланс вод каждого из внутренних морей. Это, в свою очередь, способно привести к изменению океанологических условий в значительных пространственных масштабах и формированию выраженных тенденций изменения значений экологических факторов морской среды, прежде всего, солености воды, что негативно скажется на структурно-функциональных характеристиках их биосистем, в том числе на продуктивности ряда популяций экономически ценных промысловых рыб. Известно, что за последние 8–10 тыс. лет связь внутренних морей Европы с Мировым океаном неоднократно практически исчезала, что приводило к опреснению их акваторий и преимущественному распространению пресноводных или пресноводно-солонатоводных гидробионтов, в том числе рыб, а затем вновь возникала, что сопровождалось соответствующим изменением в геосистемах и биосистемах с началом доминирования фауны морского происхождения. Поэтому современная фауна внутренних морей, особенно Балтийского, Азовского и Черного имеет смешанный состав по своему происхождению, что также обуславливает особую сложность при изучении причин динамики ее биопродуктивности, в том числе промысловой.

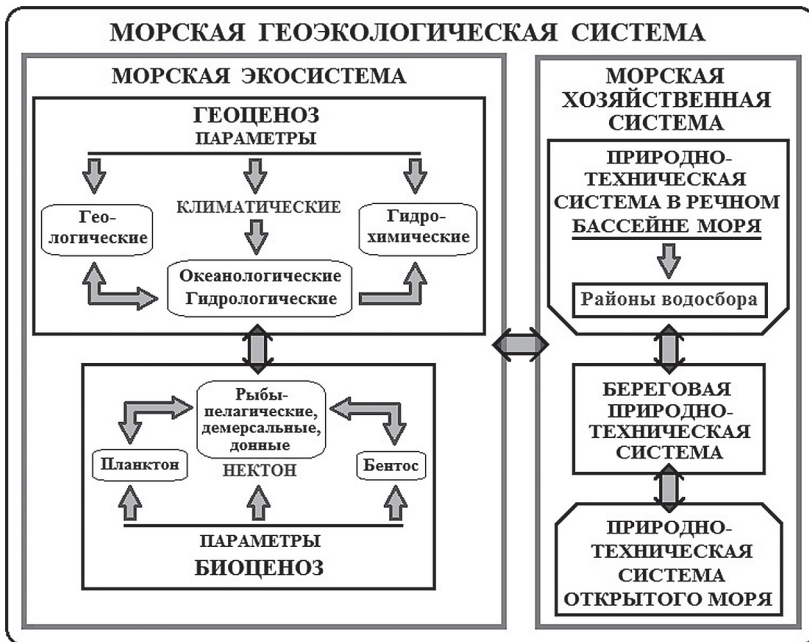


Рис. 1. Структурная схема морской геоэкологической системы и ее подсистем применительно к внутренним морям Европы

Научные подходы в морской геоэкологии

На основе обобщения полученных автором статьи научных результатов [6–8] и др., анализа ряда публикаций и докладов [1–5, 9, 11–14, 18] и др., а также собственного практического опыта исследования экосистем Балтийского, Белого, Черного и Азовского морей представляется целесообразным применение при реализации комплексной геоэкологической оценки внутренних морей Европы следующих научных подходов: дисциплинарного, междисциплинарного, интегрального, комплексного и системного. В табл. 1 представлены области их целевого применения при реализации комплексных геоэкологических исследований.

Таблица 1

Используемые научные подходы и их применение в исследованиях экосистем внутренних морей Европы

НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ	ПРИМЕНЕНИЕ В ИССЛЕДОВАНИИ ЭКОСИСТЕМ ВНУТРЕННИХ МОРЕЙ
1. Дисциплинарный	Анализ метеорологических, океанологических, гидрологических, гидрохимических и гидробиологических данных математическими методами
2. Междисциплинарный	Геоэкологические исследования морских акваторий различными методами
3. Интегральный	Обобщение и синтез результатов анализа метеорологических, океанологических, гидрологических, гидрохимических и гидробиологических данных
4. Комплексный	Обобщение и синтез экологических, экономических и социальных сведений и данных
5. Системный	Систематизация полученных результатов и разработка логических моделей функционирования экосистем

Дисциплинарный подход позволяет глубоко изучить отдельные биологические или географические особенности экосистем. Например, адаптации конкретных популяций данного вида к условиям абиотической среды — температуре или солености воды в данном локальном районе моря. Географические узкоспециальные знания могут помочь, например, при исследовании причин формирования подводного рельефа в условиях гляциоизостатических поднятий земной коры или тектонических разломов, которые, в свою очередь могут определять характер подводных течений и горизонтальный (адвективный) водообмен и аэрирование донных биоценозов, оказывая влияние на биопродуктивность и биоразнообразие. Достижения и методы отдельных разделов гидрохимии и аналитической химии помогут в анализе трансформаций форм фосфора или азота в водных экосистемах, в количественном анализе содержания биогенных веществ в данном районе моря, что очередь будет способствовать лучшему пониманию причин динамики первичной и вторичной биологической продуктивности.

Дисциплинарный подход, таким образом, дифференцирует окружающий мир на отдельные предметные области, изучение каждой из которых может оказаться весьма необходимым экологу. Однако дисциплинарный подход, только биологический или географический, не позволяет провести исследование всей экосистемы и оценить ее функционирование и динамику. Эколог должен обобщить результаты, полученные при использовании методов и знаний частных наук, что приводит к возникновению междисциплинарного подхода, необходимого при исследовании компонентов биосистем и геосистем, вместе слагающих экосистему.

Междисциплинарный подход, в отличие от дисциплинарного, допускает прямой перенос методов исследования из одной смежной научной дисциплины в другую. Перенос методов в этом случае обусловлен обнаружением сходств исследуемых предметных областей. В результате применения данного подхода возник ряд междисциплинарных наук, например, геоэкология, биофизика, биохимия и др. Однако в междисциплинарных исследованиях всегда присутствуют «ведущая» и «ведомая» дисциплины. Все результаты, даже те, которые получены при помощи методов и методологии «ведомой» дисциплины, интерпретируются с позиции дисциплинарного подхода «ведущей» дисциплины. Поэтому междисциплинарный подход предназначен, прежде всего, для решения конкретных дисциплинарных проблем, в решении которых какая-либо конкретная дисциплина испытывает концептуальные и методологические трудности. Примером современного междисциплинарного направления в науке является **синергетика** (от др. греч. συνέρχων — совместная деятельность) или теория сложных систем, изучающая общие закономерности явлений и процессов в сложных неравновесных системах — экологических, физических, химических, биологических, социальных и др. на основе присущих им принципов самоорганизации.

Интегральный подход основан на объединении, синтезе различных предметов и их свойств в отдельно взятой сфере (природной или социальной среде) в единую сложную модель действительности. Данный подход доказал свою корректность в определённых случаях, эффективно заменяя редукционизм, т.е. анализ единичных свойств предметов без процедур их системного синтеза. Применительно к задачам исследования экосистем внутренних морей интегральный подход реализуется при обобщении и синтезе результатов анализа природных характеристик, определяющих функционирование гео- и био- подсистем морских экосистем: метеорологических, океанологических, гидрологических и гидробиологических.

Комплексный подход основан на одновременном обобщении и синтезе сведений и данных из различных сфер. В данном случае комплексный подход используется при обобщении экологических, экономических и социологических сведений и данных в процессе реализации комплексной геоэкологической оценки состояния экосистем внутренних морей Европы. Использование этого научного подхода как одного из основных определяется тем, что Балтийское, Белое, Черное и Азовское моря и их речные бассейны, являясь одними из наиболее населенных районов Европы, являются сосредоточением значительного экономического промышленного, социального демографического и природного — экологического потенциалов. Функционирование их экосистем, в отличие от большинства окраинных морей и тем более открытых участков Мирового океана, зависит не только от природных климатических, океанологических

и гидрологических процессов, но и во многом от антропогенного воздействия на их био- и геосистемы.

В основе *системного подхода* лежит рассмотрение объекта как системы: целостного комплекса взаимосвязанных элементов или совокупности взаимодействующих объектов. Основными принципами системного подхода являются следующие [3]:

- целостность, позволяющая рассматривать одновременно систему как единое целое и в то же время как подсистему для вышестоящих уровней;
- иерархичность строения, т.е. наличие нескольких элементов, расположенных на основе подчинения элементов низшего уровня элементам высшего уровня. Реализация этого принципа хорошо видна на примере любой конкретной организации. Как известно, любая организация представляет собой взаимодействие двух подсистем: управляющей и управляемой. Одна подчиняется другой;
- структуризация, позволяющая анализировать элементы системы и их взаимосвязи в рамках конкретной организационной структуры. Как правило, процесс функционирования системы обусловлен не столько свойствами её отдельных элементов, сколько свойствами самой структуры;
- множественность, позволяющая использовать множество кибернетических, экономических и математических моделей для описания отдельных элементов и системы в целом;
- эмерджентность (от англ. *emergent* – возникающий, неожиданно появляющийся) – это характеристика отражающая наличие у системы особых свойств, не присущих её отдельным элементам, а также сумме элементов, не связанных между собой системообразующими связями. Например, биологическую продуктивность экосистемы нельзя сводить просто к сумме продуктивностей её отдельных популяций взятых по отдельности в данный момент времени, так как между ними существуют различные биотические связи, такие как хищничество, конкуренция, паразитизм и др., влияющие в итоге на воспроизводство конкретных видов планктона, nekтона и бентоса. Понятия рождаемость и смертность неприменимы к отдельной особи, но применимы к популяции или виду в целом.

Системный подход рассматривает природные или природно-техногенные объекты не самостоятельно, а включенными в систему с другими объектами, с которыми они непрерывно взаимодействуют и изменяют свои свойства под влиянием связанных с ними объектов. При этом рассматривается соподчиненная многоуровневая предметная структура, слагающая систему. Первый уровень — предмет, как единица окружающего мира; второй уровень — предмет предстает собой часть своей однородной системы; третий уровень — предмет представляется как подчиняющийся закономерностям микросистем или подсистем низшего ранга. Каждый из уровней, выступая в своеобразии своей структуры, законов образования и функционирования, открывает внутренние, «горизонтальные» отношения и связи его частей (элементов). Межуровневые отношения выступают как «вертикальные» связи объекта, как генетические ступени восхождения к его качественным свойствам. На каждом из уровней предметом анализа выступают разные подсистемы, рассматриваемые в целостности своей внутренней структуры, в статике и динамике, в становлении и развитии. В системном исследовании

анализируемый объект рассматривается как определенное множество элементов, взаимосвязь которых обуславливает целостные свойства этого множества. Для понимания свойств систем, в том числе экологических, необходимо выявить реализуемые данной системой процессы управления и причинно-следственные связи между различными процессами, поддерживающими существование самой системы. Такими процессами могут являться климатические, океанологические и гидрологические, демонстрирующие устойчивые связи в регионах внутренних морей Европы, а также геодинамические процессы, формирующие очертания береговой линии, подводный рельеф, тип субстрата и структуру дна морских экосистем.

Таким образом, именно сочетание перечисленного ряда научных подходов позволит наиболее эффективно оценить влияние таких сложных абиотических процессов как колебания климата и океанологических условий на состояние и промысловую биопродуктивность экосистем Балтийского, Белого, Черного и Азовского морей.

Осуществление комплексной геоэкологической оценки

Обобщение положений Конвенций Международных конференций по окружающей среде и развитию, а также нормативных и рекомендательных документов UNEP, IPCC и GEF позволяет обосновать следующий подход к реализации комплексной геоэкологической оценки состояния морских экосистем (КГЭО-МЭС). Понятие «оценка» выражает отношение между оцениваемым объектом и субъектом. Оценка может являться мнением о ценности, уровне или значении какого-то явления или процесса. С другой стороны, «оценивание» это комплекс мероприятий и процедур, деятельность (анализ и синтез) по получению оценки как итогового результата проявления сложного природного или техногенного процесса. При реализации комплексной (интегральной) геоэкологической оценки на основе ряда аналитических операций и обобщений, применительно к компонентам геосистемы, биосистемы и антропогенному воздействию устанавливается степень деградации (нарушения) экосистемы под влиянием антропогенных и/или природных факторов с выделением конкретных районов наибольшего экологического неблагополучия или ущерба.

Следует выделять три главных направления научных и практических исследований при реализации КГЭО-МЭС в области *экологии, экономики и социума*. Применение именно такого комплексного подхода должно обеспечить объективность КГЭО-МЭС исследуемого объекта с позиций критериев устойчивого развития.

Формулируются следующие требования к проведению и содержанию Комплексной геоэкологической оценки для преимущественно природных и природно-антропогенных экосистем:

- итоговые результаты КГЭО-МЭС должны быть представлены в формальном однозначном виде, понятном для круга лиц, принимающих решение, КГЭО-МЭС по своей структуре должна применять научные подходы и методы, позволяющие осуществлять соответствующие оценки на региональном и локальном уровнях;
- КГЭО-МЭС должна позволять выявлять участки водных экосистем (акваторий) или районы в речном бассейне моря, процессы и явления в которых

потенциально опасны в экологическом плане для всей морской экосистемы или значительной её части. Такие районы следует называть геоэкологическими импактными районами (от англ. impact — сильное воздействие) морских экосистем — ГИМР-МЭС;

- при реализации КГЭО целесообразно использовать научно-обоснованные индикаторы состояния абиотической и биотической среды в ГИМР-МЭС. Индикаторный подход способен существенно повысить эффективность оценок и позволяет оперативно отслеживать и прогнозировать изменения в структурных и функциональных параметрах геосистемы и биосистемы формирующих экосистему моря;
- КГЭО-МЭС должна быть организована таким образом, чтобы ее можно было дополнять и корректировать при необходимости;
- КГЭО-МЭС должна проводиться с оценкой возникающей при этом неопределенности на основе применения статистико-вероятностных методов анализа данных и результатов;
- КГЭО-МЭС должна отвечать требованиям экономической эффективности, ее оценки и рекомендации при своем выполнении не должны приводить к экономической выгоде в определенных отраслях хозяйства;
- КГЭО-МЭС должна опираться на существующую в данный момент приборно-аналитическую базу в учреждениях Российской Федерации, уполномоченных заниматься экологическим мониторингом и анализом состояния водных биоресурсов.

На рис. 2 представлена структурная схема осуществления комплексной геоэкологической оценки состояния морской экосистемы под влиянием климатических колебаний. Данная схема состоит из трех основных блоков — экология, экономика, социум. Применительно к каждому из них задан набор конкретных параметров оценки. Следует отметить, что не только экологические, но и экономические и социальные процессы находятся в прямых или косвенных зависимостях от колебаний климата и связанных с ними океанологических и гидрологических условий и процессов. При осуществлении комплексной геоэкологической оценки должны учитываться и анализироваться различные крупномасштабные климатообразующие процессы — внешние космогеофизические, внутрисистемные и их показатели, а затем устанавливаются региональные особенности их влияния на морские экосистемы. КГЭО-МЭС конкретной морской акватории должна удовлетворять запросам систем принятия решений и способствовать поддержке устойчивого развития в области экономики морского хозяйственного комплекса, в том числе рыбохозяйственного. Целесообразно также рассматривать такие параметры, находящиеся в определенной зависимости от климата, как грузооборот портов, объемы добычи минеральных или биологических ресурсов, численность рыбопромысловых хозяйств.

Грузооборот портов является не только одной из важных экономических характеристик, но и может являться показателем потенциального биологического трансграничного загрязнения водных экосистем балластными водами крупнотоннажных судов, в особенности, если эксплуатируются суда танкерного флота. Данная экологическая проблема весьма актуальна для внутренних морей, в особенности для Балтийского,

Черного и Азовского. Необходимо, чтобы итоговая информация, основанная на результатах КГЭО, могла обеспечивать более точный учет реальных затрат и выгод проектов в природоохранной политике посредством количественного определения их экологических последствий. Объективность КГЭО-МЭС определяется достоверностью исходной информации. Затраты на поддержание информационной системы, формирующей базу данных и базу знаний должны быть сопоставимы с экономическим эффектом от принятых на ее основе управленческих решений.

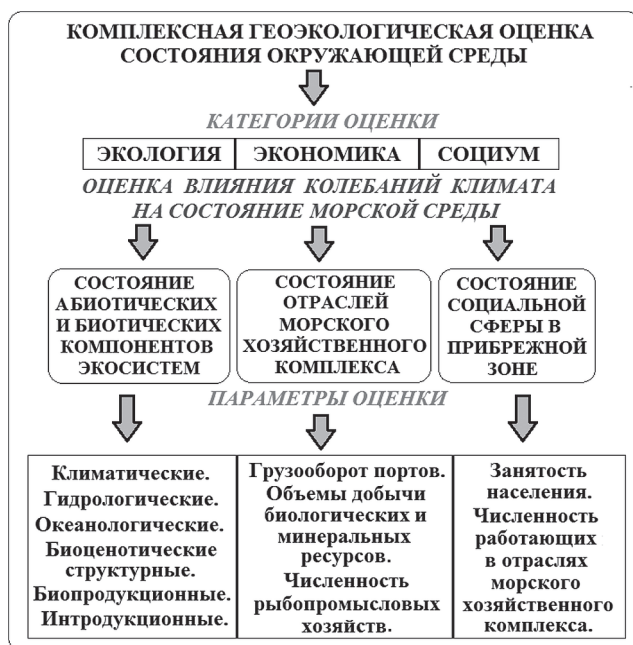


Рис. 2. Структурная схема осуществления комплексной геоэкологической оценки состояния морской экосистемы

При постоянном обновлении КГЭО-МЭС она может рассматриваться как инструмент перспективного планирования морской хозяйственной деятельности на основе принципов экологической безопасности и рационального природопользования.

Немаловажную роль в комплексной геоэкологической оценке состояния морской среды играют социологические методы исследования. Они могут быть выражены в различных формах — социологических опросах, сборе и анализе данных о численности работающих в конкретной отрасли морского хозяйства — рыбопромысловой, судостроительной, транспортной, минерально-сырьевой и т.д. Занятость и благосостояние населения прибрежных промышленных центров, сельских и городских поселений будут напрямую зависеть от эффективности работы соответствующих отраслей экономики, которые, в свою очередь, находятся в зависимости от колебаний климата и вызываемых ими океанологических и гидрологических изменений на акватории морей и в их

речных бассейнах. Согласно статье № 42 Конституции РФ, каждый гражданин граждане имеют право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением. Поэтому мнение населения, безусловно, занимает важное место в системе комплексных геоэкологических оценок состояния морских экосистем внутренних морей с развитой хозяйственной деятельностью на их акваториях. Это должно способствовать процессу реализации эффективной экологической политики и проведения в жизнь принятых решений.

Важным инструментом осуществления комплексной геоэкологической оценки состояния морских экосистем внутренних морей под влиянием колебаний климата и океанологических условий является использование индикаторных методов и индексов [13]. В единой сложной экосистеме ее подсистемы — геосистема и биосистема обладают пространственной, временной и функциональной структурой. Нарушение всей структуры или какой-либо из ее частей приводит к изменению свойств, а значит, и качества системы в целом. Эти нарушения (отклонения) могут быть обнаружены посредством гео- и биоиндикаторов, а также индексов, создаваемых на их основе. В качестве геоиндикатора должен выступать количественный абиотический показатель, позволяющий объективно оценить состояние и степень устойчивости абиотической среды (геосистемы) в рамках данной экосистемы на фоне наблюдаемых и прогнозируемых климатических колебаний или иных изменений в окружающей среде. Биоиндикатор — это количественный биотический показатель, позволяющий объективно оценить состояние и степень устойчивости биотической среды (биосистемы — биоценоза) экосистемы на фоне наблюдаемых и прогнозируемых климатических колебаний.

Индексом следует называть показатель, характеризующий степень отклонения индикаторов (не менее двух) от некоторого заданного значения или определенное соотношение между значениями индикаторов. Например, широко используемый в данной работе климатический индекс, отражающий интенсивность атмосферной циркуляции над Северной Атлантикой — индекс Северо-Атлантического колебания, представляет собой разность значений в среднем за зимний период двух индикаторов — величин атмосферного давления на уровне моря, измеренных на станциях наблюдений расположенных вблизи центров действия атмосферы — Азорского максимума атмосферного давления и Исландского минимума. Разность значений атмосферного давления формирует градиент значений, от величины которого зависит направленность и интенсивность воздушных циклонических вихрей, обеспечивающих перенос тепла и влаги из Северной Атлантики на Европу.

Импактное геоэкологическое районирование

Обобщение полученных автором статьи результатов кластерного, корреляционного, спектрального и регрессионного анализа климатических, океанологических, гидрологических и биопродукционных данных применительно к различным акваториям внутренних морей и районам их речных бассейнов позволило сформировать обобщенные логические модели влияния колебаний климата на компоненты экосистем представленные на рис. 3 и 4. Для каждого морского бассейна и морской экосистемы

установлены формы и индексы климатообразующих процессов — индексов и форм атмосферной циркуляции Вангенгейма–Гирса, Б.Л. Дзердзеевского, а также Северо-Атлантического колебания (NAO) которые с наибольшей эффективностью способны отражать влияние климатических изменений на компоненты гео- и экосистем Балтийского, Белого, Черного и Азовского морей. Это позволило установить **импактные** геоэкологические районы, изменения в которых, под влиянием климата, способны повлиять в дальнейшем на функционирование значительной части или всей гео- и экосистемы моря, в том числе оказать прямое и значительное воздействие на биопродуктивность, а также на экономику ряда отраслей морского хозяйственного комплекса.

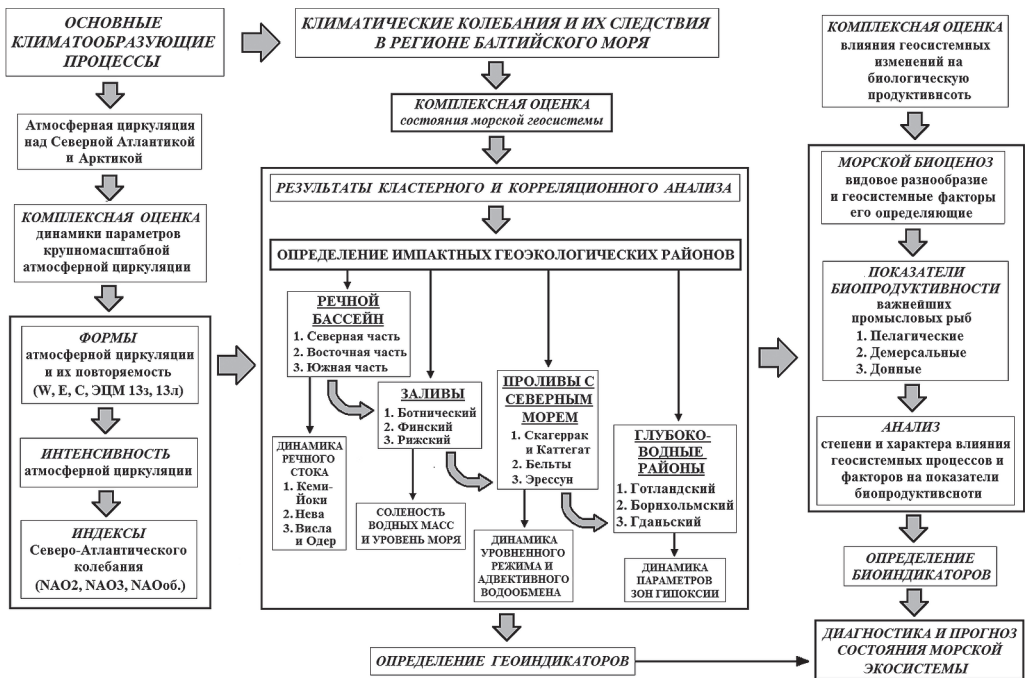


Рис. 3. Обобщенная логическая модель оценки влияния колебаний климата на компоненты экосистемы Балтийского моря

В экосистеме Балтийского моря импактными геоэкологическими районами являются: северная, восточная и южная части речного бассейна; заливы — Ботнический, Финский, Рижский; проливы — Скагеррак и Каттегат, Зунд, Бельты; глубоководные районы — Готландский, Борнхольмский, Гданьский. В экосистеме Белого моря к импактным геоэкологическим районам следует отнести следующие: речной бассейн — восточная и южная части; заливы — Двинский, Онежский, Мезенский; проливы — район Воронки, западно-горловский пролив; глубоководные районы — кандалакшский желоб, выход из Онежского залива (полюс холода), выход из Канда-лакшского залива (полюс тепла). В экосистеме Черного моря, основными импактными

геоэкологическими районами являются: северо-западный район речного бассейна; северо-западный шельф — дельта Дуная, днепровский лиман, одесский залив; проливы со Средиземным морем; глубоководные районы — западная и восточные впадины моря, северо-восточной склон. В экосистеме Азовского моря геоэкологическими импактными следует считать северо-восточную и юго-восточную части речного бассейна; заливы — Таганрогский, Темрюкский, Таманский; проливы — Керченский, Генический; батипелагиаль — горизонты глубин 10 и 15 м.

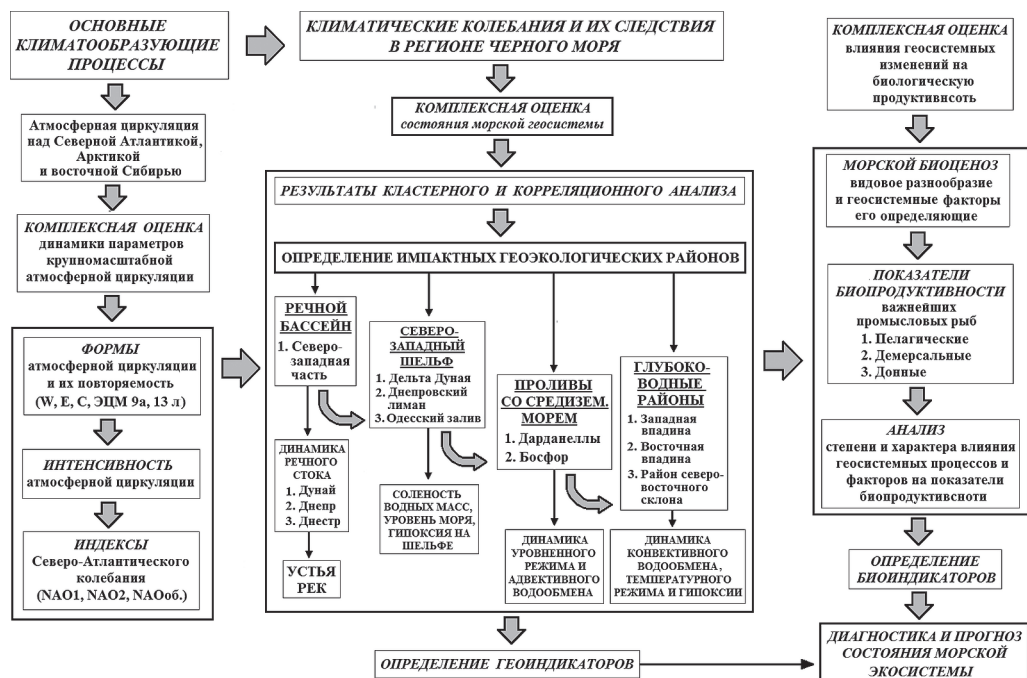


Рис. 4. Обобщенная логическая модель оценки влияния колебаний климата на компоненты экосистемы Черного моря

Показано [6, 7, 8], что рост интенсивности атмосферной циркуляции над Северной Атлантикой, эффективным индикатором которого является NAO, сопровождается смещением траекторий циклонов на северо-восток Европы, по направлению к бассейнам Балтийского и Белого морей. Снижение интенсивности атмосферной циркуляции над данным регионом приводит к смене направлений переноса тепла и влаги с Атлантики на юго-восток Европы, в бассейны Азовского и Черного морей. В связи с данными тенденциями происходят соответствующие противоположные значительные изменения в термическом, гидрологическом, океанологическом и гидробиологическом режимах внутренних морей. Наиболее значимыми периодами с точки зрения воздействия климатических изменений на экосистемы внутренних морей за последние 100 лет следует признать 1932–1936, 1972–1977, и 1989–1992 гг.

Таким образом, осуществление комплексной геоэкологической оценки с учетом определения гео- и биоиндикаторов состояния морских экосистем, импактного геоэкологического районирования, использования как дисциплинарного, так и междисциплинарного, комплексного и системного подходов и соответствующих им методов позволит значительно повысить эффективность мероприятий направленных на обеспечение рационального природопользования и экологической безопасности хозяйственной деятельности на акваториях и в бассейнах внутренних морей Европы.

Литература

1. *Аверкиев А.С., Чернышков П.П.* Оценка запасов и управление рыболовством. — СПб.: РГГМУ, 2013. — 88 с.
2. *Будыко М.И.* Глобальная экология. — М.: Мысль, 1977. — 328 с.
3. *Волкова В.Н., Денисов А.А.* Основы теории систем и системного анализа. 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: изд-во СПбГТУ, 2001. — 512 с.
4. *Голубев Г.Н.* Геоэкология. 2-е изд. — М.: Аспект Пресс, 2006. — 288 с.
5. *Дмитриев В.В., Фрумин Г.Т.* Экологическое нормирование и устойчивость природных систем. — СПб.: «Наука», 2004. — 294 с.
6. *Дроздов В.В.* Влияние колебаний климата на динамику экосистем Балтийского и Белого морей. — СПб.: РГГМУ, 2015. — 230 с.
7. *Дроздов В.В., Смирнов Н.П.* Многолетняя динамика климата и гидрологического режима в регионе Балтийского моря и их причины. // *Метеорология и гидрология*, 2011, № 5, с. 77–87.
8. *Дроздов В.В., Смирнов Н.П.* Многолетняя динамика температуры воздуха в экономически важных районах Черноморского региона и процессы ее определяющие. // *Учёные записки РГГМУ*, 2013, № 29, с. 43–63.
9. *Малинин В.Н., Гордеева С.М.* Изменчивость морского уровня Финского залива. — СПб.: РГГМУ, 2014. — 180 с.
10. Резолюция Конференции Организации Объединенных Наций по устойчивому развитию «Рио+20» (20–22 июня 2012 г.) — «Будущее, которое мы хотим». Российская версия. — Электронный ресурс: [<http://www.eoassord.org/rio20/RIO+20rus.pdf>] (дата обращения: 05.06.2015).
11. *Смирнов Н.П.* Геоэкология. — СПб.: РГГМУ, 2011. — 350 с.
12. *Чернышков П.П., Амиров Ф.О., Чурин Д.А.* Исследования биологических ресурсов Мирового океана в условиях климатических изменений на основе современных информационных технологий. // *География XXI века*, Калининград, 2012, с. 62–73.
13. *Muzalevsky A.A.* A System Approach to the Problem of Environmental Indicators and Sustainable Development Indices. Terms, Definitions, Dimensions, Units. Structurization and Classification. Abstract book. INDEX-99. Second Biennial International Conference. St. Petersburg, Russia, July 11–16, 1999, pp. 95–97.
14. Baltic Marine Environment Protection Commission (HELCOM). Official site. — Электронный ресурс: [<http://www.helcom.fi>] (дата обращения: 12.02.2015).
15. Convention on the Protection of the Black Sea Against Pollution. Official site. — Электронный ресурс: [<http://www.blacksea-commission.org>] (дата обращения: 10.07.2015).
16. International Council for the Exploration of the Sea (ICES). Official site. — Электронный ресурс: [<http://www.ices.dk/marine-data/dataset-collections>] (дата обращения: 06.08.2015).
17. United Nations Environment Programme (UNEP). Official site. — Электронный ресурс: [<http://www.unep.org>] (дата обращения: 16.08.2015).
18. *Troll C.* Ökologische Landschaftsforschung und vergleichende Hochegebirgsforschung. — Wiesbaden: F. Steiner, 1966. — 366 p.