

© В.А. Емельянов, Т.С. Куковская, Л.А. Прохорова, 2012

*Отделение морской геологии и осадочного рудообразования НАНУ, Киев*

## ГЕОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ЧЕРНОГО МОРЯ

*Представлены результаты изучения основных подгрупп геолого-экологических условий района распространения органо-минеральных образований в Украинском секторе континентального склона северо-западной части Черного моря. Предполагается, что полученные результаты будут взяты за основу при проведении объективной оценки геоэкологических условий указанного района для принятия оптимальных проектных и хозяйственных решений, направленных на освоение ресурсов его геолого-экологической системы.*

**Введение.** Хотя полезные ископаемые на сумму в триллионы долларов существуют в качестве ресурсной составляющей в пространстве геолого-экологической системы морей и океанов, для их введения в экономический оборот необходимо будет преодолеть целый ряд проблем экологического и технического характера.

Предложенное не так давно Европейской комиссией Европейское инновационное партнерство (EIP), по мнению ее членов, позволит повысить жизнеспособность проектов, связанных с глубоководной добычей полезных ископаемых путем развития морской базы знаний в Европе.

Азово-Черноморский бассейн – один из наиболее перспективных регионов мира и таит в своих недрах большие топливно-энергетические и минеральные ресурсы. Их изучение и освоение предусмотрено Общегосударственной программой развития минерально-сырьевой базы Украины на период до 2034 года (утверждена Законом Украины от 21 апреля 2011 г. № 3268-VI).

На современном этапе освоения ресурсов указанного морского бассейна наиболее актуальными остаются вопросы, связанные с геоэкологическим изучением, а также сбор, учет и увязка в единую систему уже имеющейся информации.

Проведенными ранее исследованиями установлена возможность использования в качестве полезного ископаемого органо-минеральных осадков (ОМО) как сырья многоцелевого использования. К таковым относятся сапропелевые, сапропелевидные, кокколитовые и диатомовые илы, которые были сформированы в течение последних примерно 10 тыс. лет в результате установившихся специфических биогеохимического и седиментационного режимов в Черном море. Уникальность этих образований обеспечена содержанием в них одновременно: мелкодисперсных и коллоидных минеральных и аморфных силикатов; карбонатов, различных металлов; большого количества органических соединений и редких элементов. В основном, распространены ОМО начиная с глубин 400-500 м.

Нами исследованы геоэкологические условия<sup>1</sup> района распространения органо-минеральных образований (ОМО) на континентальном склоне в северо-западной части Черного моря (украинский сектор). На основании данных исследований построена модель информационной системы «морские геоэкологические условия района распространения ОМО», на базе которой, как предполагается, будет произведена комплексная геолого-экологическая и геолого-экономическая оценка перспективных в плане хозяйственного освоения участков морского дна.

Модель информационной системы «морские геоэкологические условия района распространения ОМО» в качестве подсистемы более низкого уровня включает группу показателей (характеристик, параметров) геолого-экологических условий черноморской части литосферного блока в границах исследуемого района, а также показатели аква- и аэроэкологических условий смежных гидросферного и атмосферного блоков, характеризующих соответствующие аква- и аэроэкосистемы. Кроме того, в указанную модель входят и показатели геобиоэкологических условий МГЭС (табл. 1).

На основании результатов изучения характеристик группы геолого-экологических условий района, представленных в таблице 1, составлено предварительное описание его геоэкологических условий в целом.

Как следует из таблицы 1, геолого-экологическая группа условий подразделена на семь тесно взаимосвязанных подгрупп: ресурсную, геоморфологическую, геодинамическую, геохимическую, геофизическую, геобиоэкологическую и инженерно-геологическую.

Каждая из перечисленных подгрупп характеризуется своим набором взаимосвязанных качественных и количественных характеристик, определив которые, можно оценить возможности любой из выделенных подгрупп влиять на состояние и функционирование рассматриваемой МГЭС, ее подсистем и (или) компонентов, прежде всего, живых и антропогенных (техногенных). Отметим, что ряд показателей, представленных в таблице 1, которые характеризуют некоторые из выделенных подгрупп геолого-экологических условий, дублируются. Это подчеркивает наличие между ними тесной взаимосвязи.

Качественные и количественные характеристики выделенных подгрупп условий определяют выбор технологий освоения ресурсов конкретной МГЭС и (или) ее подсистем, а также обуславливают меры, необходимые для создания на основе этой МГЭС техногенно-природной экосистемы с подсистемами различного назначения и обеспечения их безопасного функционирования. В данном случае в качестве примера рассматривается МГЭС гео-

---

<sup>1</sup> Морские геоэкологические условия как предмет морской геоэкологии – понятие системное и широкое. Оно охватывает все показатели (характеристики, параметры и др.) компонентного состава, структуры и эмерджентных свойств морских геоэкосистем, в том числе геолого-экологических систем (МГЭС) донных отложений. Среди главных показателей морских геоэкологических условий присутствуют такие системные характеристики, которые не рассматриваются другими научными направлениями геологии. Среди них, например, устойчивость и причины возможных нарушений и основные функции МГЭС и их подсистем по отношению, прежде всего, к человеку и человеческому обществу как компоненту экосферы, а также к антропогенным (техногенным) образованиям [1]

Таблица 1

**Геолого-экологический блок модели информационной системы  
«Геоэкологические условия района развития ОМО в Черном море»**

| Геолого-экологическая группа условий одноименного блока информационной системы<br>«Геоэкологические условия района развития ОМО в Черном море» |  |
|--|--|
| Подгруппы условий  | Основные показатели и характеристики   |
| Ресурсная  | Показатели положения пространства МГЭС в региональном структурно-тектоническом блоке, наличие в ее пространстве активных тектонических зон, разломов и других тектонических структур, границ (продолжительности, формы, проницаемости) пространства МГЭС, характеристики ее состава и свойств минеральных, органических, органо-минеральных, живых, жидких, газовых и других компонентов   |
| Геоморфологическая   | Характеристики рельефа дна (уклонов и форм границы «МГЭС-акваэко-система», особенных геоморфологических формы (подводных каньонов, биохомогенных и гальмиролитических бразований и др.)  |
| Геодинамическая  | Показатели динамических тектонических процессов (сейсмических, вулканических), неотектонических и современных тектонических движений (поднятие-опускание дна и др.), гравитационных процессов (оползней, обвалов, осыпей, оплывин), физических и физико-химических процессов (эрозионных, карстовых, гальмиролиза и др.)   |
| Геохимическая  | Показатели химического состава различных фаз-компонентов (твердого, жидкого, газообразного) МГЭС, коллоидно-химических свойств, окислительно-восстановительного потенциала ее среды и др.  |
| Геофизическая  | Показатели различных параметров гравитационного, магнитного, электрического, теплового и радиационного полей, влияющих на МГЭС и ее компоненты, в том числе техногенные, а также обратные эффекты  |
| Геобиоэкологическая <sup>1</sup>   | Характеристики условий проживания и функционирования, состава и физиологических особенностей биомассы, трофических и метаболических процессов бентосных гидробионтов в связи с их возможным воздействием на техногенные компоненты МГЭС и обратными эффектами  |
| Инженерно-геологическая  | Показатели компонентного состава, физико-механических, водно-физических свойств МГЭС, вероятности ее подверженности геодинамическим процессам (землетрясениям, вулканизму, в т.ч. грязевому, оползням, обвалам, осыпям, оплывинам, мутьевым потокам и др.), в частности под влиянием эрозионных, карстовых и др. процессов, гальмиролиза, различных техногенных воздействий (нарушений сплошности пространства МГЭС при подрезке склонов, извлечении ресурсов и др.) |

<sup>1</sup> Геобиологической подгруппой условий можно пренебречь в связи с фактически незначительной ролью живого биокомпонента в рассматриваемой МГЭС после ее формирования.

лого-экологическая система донных отложений района распространения ОМО в Черном море.

Геолого-экологические условия не только определяют особенности реализации многочисленных функций МГЭС и их subsystem, но и отражают особенности результатов реализации этих функций.

Описание выделенных подгрупп геолого-экологических условий приведено ниже.

Ресурсная подгруппа геолого-экологических условий объединяет характеристики состава и свойств минеральных, органических, органо-минеральных и углеводородных компонентов МГЭС, а также показатели параметров и характеристик ее пространства в плане оценки его пригодности для существования, функционирования и развития биоты, включая человека и человеческое общество как компонента социальной структуры, заинтересованной в освоении ресурсов данной МГЭС. Отметим, что человек,

не являясь геобиоэкологическим компонентом МГЭС, тем не менее, может влиять на ее функционирование, особенно при освоении ее ресурсов.

Предметом наших исследований являлись, с одной стороны, особенности компонентного состава и строения МГЭС района развития ОМО со всеми ее компонентами-субсистемами, влияющими, в том числе, на человека и его деятельность. С другой стороны, предметом исследований выступал ресурсный потенциал рассматриваемой МГЭС, включая ее пространство, в аспекте оценки его пригодности как для развития и жизнедеятельности живых организмов, так и для осуществления человеческой деятельности. При этом, любые, в том числе катастрофические, условия, вызванные причинами природного или антропогенного происхождения, с геоэкологических позиций рассматривались и оценивались по характеристикам геолого-тектонических, физико-химических, геофизических, инженерно-геологических и других процессов, которые влияют на условия жизнедеятельности морских организмов или деятельность человека. Обязательно определялись и анализировались показатели, позволяющие определить и оценить вероятность приобретения или (и) риски потери определенного вида ресурсов МГЭС, в том числе и в отношении ее пространственного ресурса, необходимого и пригодного для расселения живых организмов и (или) хозяйственного освоения человеком.

Такой подход к ресурсной составляющей геолого-экологических условий определяет ее базовое положение среди остальных семи подгрупп условий. Представляется, что именно с использованием такого комплексного подхода следует оценивать геоэкологические и, в частности, геолого-экологические условия изучаемого района. Иные схемы анализа геоэкологических условий, как показывают примеры современной практики освоения ресурсов Черного моря, приводят к ошибочным прогнозам и малоэффективным решениям.

Ресурсная подгруппа группы геолого-экологических условий района развития ОМО в Черном море определяется многими факторами, которые проявляются и оцениваются, в частности, через распределение МГЭС различных вещественно-генетических типов донных отложений, формирующихся в зоне перехода от внешнего шельфа к ложу впадины Черного моря. Многолетние исследования позволили зафиксировать в рассматриваемом районе бассейна присутствие различных видов и разновидностей таких МГЭС как в латеральном направлении, так и возрастном разрезе. Обусловлены эти вариации, в основном, историко-геологическим развитием региона в целом [2 – 9 и др.], а также – различными факторами, определяемыми особенностями геоморфологических, геодинамических, геохимических, геофизических, инженерно-геологических составляющих геолого-экологических условий района.

Проведенные исследования показали, что пространство МГЭС, в структуре которого субпространство субсистемы новочерноморских пелитовых или (и) алеврито-пелитовых кокколитовых илов перекрывает субпространство палеоМГЭС сапропелевидных и (или) сапропелевых илов древнечерноморского возраста, в свою очередь перекрывающее подпространство геолого-экологической палеосистемы новоэвксинских глин, располагается преимущественно в средней и нижней частях континентального склона. Имен-

но здесь сосредоточены наибольшие ресурсы такого компонента МГЭС рассматриваемого района континентального склона, как ОМО. В то же время выявлено, что, в основном, именно к верхней и средней зоне континентального склона приурочено несколько достаточно обширных участков, в пределах которых на поверхность морского дна выходит геолого-экологическая палеосистема новозвксинских глин.

От подножия континентального склона и глубже в изучаемом районе наблюдается наиболее распространенный вид соотношения субсистем различных вещественно-генетических типов, как по площади, так и в разрезе пространства МГЭС. Здесь, как правило, пространство субсистемы кокколитовых илов перекрывает пространство субсистемы сапропелеподобных илов, под которым пространство МГЭС занято субсистемой сапропелей, нижняя граница которой, в свою очередь, является верхней границей субсистемы новозвксинской глины.

Компонентный и генетический состав МГЭС донных отложений, развитых в районе исследований, их распространение, пространственно-временная суперпозиция, а также размерные вариации занимаемых ими пространств отражают пространственно-временные вариации в ресурсной составляющей геоэкологических условий формирования различных вещественно-генетических типов субсистем МГЭС района. Кроме возможности корректной качественной и (или) количественной оценки ресурсных условий указанной МГЭС, это предоставляет определенные возможности для реконструкции истории геоэкологического развития данного района, а также его палеогеоэкологических условий, существовавших здесь в определенные отрезки геологического времени.

Результаты проведенных исследований позволяют высоко оценить ресурсные условия МГЭС рассматриваемого района Черного моря, особенно в отношении перспектив освоения таких ее компонентов, как ОМО.

В связи с тем, что живой биокомпонент в рассматриваемой МГЭС практически отсутствует даже на ее границе с акваэкосистемой, он не вызывает интереса как ресурс.

Геоморфологическая подгруппа геолого-экологических условий выступает необходимым компонентом интегральной оценки, прежде всего, пространственной составляющей ресурсной подгруппы геолого-экологических условий геоэкологической системы. Особенности данной подгруппы условий определяются, в основном, эндогенными и экзогенными факторами и обусловленными ими процессами и явлениями. Например, в рассматриваемом районе формирование геоморфологических условий регулировалось и регулируется взаимодействием эндогенных и экзогенных геоэкологических процессов, рельефообразующая роль которых неоднозначна как по масштабам, так и по продолжительности воздействия. Рельеф дна, как показатель геоморфологической составляющей геолого-экологических условий, отражает, по сути, особенности конфигурации границы между акваэкологической и геолого-экологической системами. Поэтому данные о нем имеют важное значение для понимания и оценки не только геоморфологических, но и всех выделенных подгрупп геолого-экологических условий МГЭС рассматриваемого района Черного моря.

Развернутые характеристики геологического и тектонического строения вышеперечисленных структур, по которым можно составить представление о геоморфологических условиях функционирования МГЭС рассматриваемого района, освещены в работах [4, 6, 8-11].

Главные тектонические структуры мезокайнозойского осадочного чехла имеют в районе исследований преимущественно широтную протяженность и блочный характер образований, сформировавшийся в результате предыдущих этапов тектонического развития, и во многом определяют геоморфологические условия континентального склона. Величины уклонов поверхности дна, которые чаще всего составляют  $1^{\circ}$ - $3^{\circ}$ , обусловлены обычно моноклинальным залеганием коренных пород и разновозрастных геолого-экологических палеосистем континентальных осадков, на которых сформировались разновозрастные МГЭС.

Многие исследователи формирование региональных морфоструктур континентального склона связывают с региональными процессами, прежде всего, разломной тектоники, о чем еще будет сказано ниже, при характеристике геодинамической подгруппы геолого-экологических условий. В частности, к региональным зонам разломов приурочены подводные каньоны, зафиксированные и в районе исследований. Эти крупные эрозионные врезы, расчленяющие всю поверхность пространства континентального склона от его верхней границы с шельфом до нижней границы с ложем и часто пересекающие континентальное подножье, в значительной степени во многом определяют геоморфологические условия района. Каньоны, обычно, имеют U-образную форму, ширину от 150 до 2500 м, глубину вреза до 400-500 м, а в отдельных случаях и до 1000 м. В зависимости от уклонов дна и его геологического строения в каньонах меняется интенсивность донной и боковой эрозии. На выровненных участках дна борта каньонов имеют симметричную форму, что обычно связывают с боковой эрозией, которая ведет к расширению вреза, и вертикальной эрозией, которая является одной из главных причин его углубления [12, 13 и др.].

В морфоструктурном плане рассматриваемый район континентального склона является подводным продолжением затопленной в результате трансгрессии обширной аллювиальной равнины, сложенной континентальными и морскими осадочными отложениями, залегающими на глубоко погруженных коренных породах. Ширина континентального склона в районе исследований различна и изменяется в зависимости от местоположения подводных конусов выноса и конфигурации их границ.

Переход от внешнего шельфа к ложу в исследуемом районе Черного моря состоит из трех ступеней, уступы которых сформированы на глубинах 800-1000, 1500-1800 и 2000-2100 м. Поверхности дна в пределах ступеней характеризуются сглаженным, слабохолмистым рельефом и незначительным уклоном в сторону впадины. Подножье континентального склона хорошо проявляется слабохолмистым рельефом на глубинах, превышающих 1900-2000 м. На ложе морской впадины часто встречаются отдельные формы микрорельефа. Это говорит о значительной роли экзогенных факторов (осадконакопление) в формировании морфологии указанной границы. Так обширные эрозионные амфитеатры, наблюдаемые на бровке континенталь-

ного склона, являются, как показали проведенные исследования, результатом активной эрозионно-денудационной деятельности каньонов. В переходной зоне от континентального склона к ложу впадины наблюдаются характерные морфологические формы конусов выноса, которые сформировались в результате перемещения по долинам каньонов и накопления у подножия уступа континентального склона массы эрозионного материала.

Своеобразные формы рельефа формируются в областях активного газовыделения и проявлений грязевого вулканизма [11 и др.]. Здесь выделяются обширные поля мелкохолмистого рельефа и отдельные конусообразные сопки, зачастую связанные с перегибами и уступами континентального склона. На участках развития газовыделений, функционирующих продолжительное время, происходит формирование уникальных биогеоэкосистем, результатом функционирования которых являются карбонатные постройки в виде трубчатых конусообразных форм [14 и др.].

В целом геоморфологические условия рассматриваемой МГЭС, судя по предварительной общей оценке, благоприятны для освоения ее ресурсов. Однако для однозначного ответа на этот вопрос необходима постановка специальных, целенаправленных исследований.

Геодинамическая подгруппа геолого-экологических условий изучаемого района Черного моря во многом определяется его структурно-тектоническими особенностями, а также динамическими условиями смежной аквасистемы. Эта подгруппа условий отражает способности и свойства МГЭС влиять через природные и антропогенные геодинамические процессы и явления на функционирование ее природных и (или) антропогенных (техногенных) субсистем и состояние их компонентов. Геодинамические условия, которые определяются, как известно, внешними космическими, эндогенными, а также экзогенными факторами, играют существенную роль при оценке практически всех подгрупп геолого-экологических условий исследуемого района.

Региональные тектонические, а также неотектонические и современные геодинамические условия и процессы, как показывает сравнительный анализ современного и доголоценового рельефов границ гео- и аквасистем соответствующего возраста, активно участвовали в формировании геоморфологических условий района. В настоящее время эти процессы особенно характерны и активно проявляются на современном континентальном склоне Черного моря. Анализ компонентов разновозрастных субсистем МГЭС района свидетельствует об унаследованном характере неотектонических и современных движений [17 и др.], об определяющей роли разломно-блоковой тектоники в формировании крупнейших морфоструктур бассейна, которые, в свою очередь, во многом определяют характеристики распределения пространственных параметров субсистем МГЭС, а также качественные и количественные характеристики ее компонентов, в частности твердого, как по площади, так и в возрастном геологическом разрезе. Участки активных газовыделений и проявлений грязевого вулканизма в районе обычно также приурочены к унаследованным активным тектоническим зонам.

Экзогенные факторы, влияющие на геодинамические условия функционирования МГЭС района, во многом определяются особенностями фун-

кционирования смежной акваэкосистемы, происходящих в ней процессов и явлений, в частности, характеристиками течений, волн, величин давления и температуры. Отметим, что для акваэкосистемы рассматриваемого района Черного моря характерна активная деятельность северного ответвления восточного циркумконтинентального течения, имеющего здесь преимущественно северо-западное направление, а также подводных сточных и плотностных течений. На границе «МГЭС-акваэкосистема» активно действуют суспензионные потоки, моделирующие поверхности склонов и бортов каньонов, пересекающих пространство МГЭС. Гравитационное перемещение осадочных компонентов, обусловленное активизацией эндо- и экзогеодинамических процессов, вызывает нарушение равновесного состояния уклонов границы «МГЭС-акваэкосистема», а также может быть причиной аномально высоких содержаний жидкой фазы в МГЭС донных отложений, цельность пространства которых нарушается каньонами палеорек, хорошо прослеживающихся на северо-западном шельфе и континентальном склоне Черного моря. Отметим, что повышенные содержания жидкой фазы в МГЭС донных отложений могут объясняться действующими субмаринными очагами разгрузки подземных, в том числе подрусловых, вод, приуроченных, как правило, к палеодолинам рек, карстовым и трещинно-тектоническим зонам.

Рассматриваемая МГЭС нередко подвергается воздействию гравитационных процессов. При этом происходит перемещение (сползание) несвязной массы или медленное текучее движение пластичной массы иловой МГЭС в местах, где уклоны равны критическим значениям или близки к ним (более  $2^{\circ}$ - $3^{\circ}$ ), а также вдоль палеодолин и каньонов. При быстром перемещении илового материала возникают суспензионные потоки, которые приводят к деструкции склоновых поверхностей, нарушению МГЭС, ее субсистем и перераспределению в ее пространстве либо за его пределами высвободившихся компонентов ее твердой фазы. Так осуществляется, например, аккумуляция высвободившегося твердого компонента МГЭС континентального склона у его подножия, где формируются новые вещественно-генетические типы субсистем МГЭС на основе крупных конусов выноса и валообразных аккумулятивных тел.

На участках, где МГЭС плейстоценового или (и) четвертичного возраста граничат непосредственно с акваэкосистемой, имеет место явление гальмиролиза. Оно обусловлено, в основном, химическими и физико-химическими процессами. Воздействие этих процессов на смежные с акваэкосистемой субсистемы МГЭС определяется, главным образом, характером и количеством содержащихся в акваэкосистеме солей и газов. В результате происходят определенные изменения в ряде литологических, физико-механических и физико-химических характеристик субсистем МГЭС на ее границе с акваэкосистемой, активизирующие экзогенные рельефообразующие процессы, провоцирующие формирование характерных геоморфологических форм и специфического рельефа границы «МГЭС – акваэкосистема».

Сказанное позволяет заключить, что геодинамические условия функционирования МГЭС рассматриваемого района могут влиять на безопасность антропогенной деятельности, планируемой в пространстве геоэкосистемы района с целью освоения ее ресурсов. Это обуславливает необходимость спе-



циального углубленного изучения геодинамической подгруппы геолого-экологических условий данного района.

Геохимическая подгруппа геолого-экологических условий является одним из важнейших показателей состояния и функционирования МГЭС данного района. Это объясняется тем, что именно геохимические и гидрохимические условия геоэкосистемы и акваэкосистемы района исследований во многом определяют геобиоэкологические особенности глубоководной МГЭС Черного моря в целом, и МГЭС района распространения ОМО, в частности. В совокупности с геоморфологическими и геодинамическими условиями, геохимические условия определяют количественный и качественный потенциал ресурсов не только МГЭС, но и акваэкосистемы Черного моря. Достаточно назвать, в качестве примера, феномен сероводородного заражения пространства черноморской акваэкосистемы, начиная, примерно, со 150-200 м расстояния от ее границы со смежной аэроэкосистемой и до границы с пространством МГЭС. Часто повышенные концентрации сероводорода как газового компонента отмечаются и в пространстве МГЭС.

Следует учитывать, что геохимические условия формирования и функционирования геоэкосистемы Черного моря, в том числе МГЭС донных отложений, сформировавшихся в районе исследований к настоящему времени, претерпевали существенные изменения в течение последних 10-12 тыс. лет геологической истории Черного моря. Некоторые показатели геохимических условий, в которых формировались основные типы МГЭС, характерных, в том числе, для района исследований, приведены в работах [3, 7, 15, 16 и др.]

Учитывая важность геохимической составляющей геолого-экологических условий рассматриваемого района Черного моря, в частности как поискового критерия, а также для его геолого-экологической, а в дальнейшем и для геолого-экономической оценки, в том числе месторождений ОМО, необходимо расширить и углубить целенаправленные исследования геоэкологических условий района в этом направлении.

Геофизическая подгруппа геолого-экологических условий рассматриваемого района Черного моря определяется, в основном, совокупностью взаимодействия геофизических полей естественного происхождения. Отметим, что термином «геофизические поля» в данной работе обозначаются естественные физические поля космического и земного происхождения, а также техногенные физические поля, действующие в пределах геолого-экологических систем литосферы.

Под энергетическим влиянием природных геофизических полей, в той или иной степени, находятся практически все компоненты-субсистемы исследуемой МГЭС. Многие эндогенные факторы, влияющие в той или иной степени на все составляющие геоэкологических условий и, в частности, на взаимодействия компонентов, субсистем МГЭС и ее функционирование, обусловлены относительно быстрой сменой напряжений, свойственных природным геофизическим полям Земли. Что касается техногенных полей, то их влияние обычно приурочено к определенному техногенному объекту и осуществляется, как правило, в течение времени его функционирования как компонента техногенно-природной субсистемы МГЭС, т.е. влияние этого источника достаточно ограничено как во времени, так и пространстве. Ис-

ключением является радиационные поля, действие которых может продолжаться сотни и тысячи лет.

Общие представления об основных геофизических полях района исследований можно получить в результате анализа специальной опубликованной литературы [17-19].

Однако целенаправленных крупномасштабных исследований геофизических полей в данном районе, с целью оценки этого показателя его геолого-экологических условий, не проводилось. Принимая во внимание то, что любые изменения величины, направленности или интенсивности энергетического воздействия, которое испытывает МГЭС и ее компоненты, могут явиться причиной возникновения риска и (или) проявления негативных последствий, необходимо углубленное изучение естественных и техногенных геофизических полей района и их воздействия на соответствующую МГЭС, ее компоненты, структуру и процессуальную подсистему. При этом следует иметь в виду, что последствия влияния геофизических полей могут проявляться как сразу при изменении энергетического воздействия, так и через какие-то разные по длительности промежутки времени.

Учитывая, что, согласно имеющейся информации, представленной в Лоции Черного и Азовского морей на воды Украины и на соответствующих гидрографических картах, в МГЭС района исследований в качестве ее техногенного компонента могут находиться остатки захороненных боеприпасов, необходимо проведение специальных исследований для оценки влияния последних на геолого-экологические условия функционирования рассматриваемой МГЭС и связанных с их присутствием рисков.

Инженерно-геологическая подгруппа геолого-экологических условий района функционирования МГЭС – важнейший компонент соответствующей информационной системы условий – включает ряд показателей, которыми характеризуются также другие подгруппы условий указанной подсистемы. Например, показатели состава и структуры ее твердой фазы, характеристики состава и физико-химических свойств жидкой фазы и их количественных соотношений, наиболее часто встречаемых форм и (или) уклонов границы «МГЭС – акваэкосистема», интенсивности и (или) энергетической мощности эндогенных и экзогенных процессов, в которые вовлечена или может быть вовлечена данная МГЭС и др. Кроме того, подгруппа инженерно-геологических условий включает ряд показателей физико-механических и водно-физических свойств соответствующей МГЭС [3, 16 и др.]. Указанные свойства являются по своей сути не только эмерджентными характеристиками геолого-экологических условий формирования и функционирования данной МГЭС и ее подсистем, интегральными показателями ожидаемых особенностей их взаимодействия с техногенными системами, но и неизменной составляющей всех проектных работ, предшествующих любому законному освоению ресурсов МГЭС, в том числе той, что рассматривается в данной работе.

В таблице 2 приведены вариации некоторых показателей состава, физико-механических и водно-физических свойств основных подсистем рассматриваемой МГЭС, выделенных в ее верхнем, примерно 3-х метровом, слое. Это позволяет охарактеризовать условия их формирования и функци-

Таблица 2

Вариации некоторых характеристик состава и свойств различных субсистем верхнего 3-х метрового слоя пространства МГЭС в районе распространения ОМО. Позиция указанных субсистем МГЭС в классификации морских геолого-экологических систем [20]

| № пп. | Основная субсистема МГЭС и ее геологический возраст, тыс. лет | Вещественно-генетический тип и вид основных субсистем МГЭС   | СаСО <sub>3</sub> , % | С <sub>орг.</sub> , % | W <sub>в</sub> , % | D, г/см <sup>3</sup> | п, %  | R <sub>м</sub> , кПа | С, кПа         | Геолого-экологический класс субсистем МГЭС   | Геолого-экологическая группа субсистем МГЭС   | Геолого-экологическая подгруппа субсистем МГЭС |
|-------|---|--|-----------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|-------|----------------------|----------------|--|---|--|
| 1     | Ново-черноморская (0-3)                                       | Осадочный, тетерогенный, биогенно-терригенный, биогенный, алевро-пелитовый, пелитовый смешанный иловый | 30-65                 | 2,5-6,1               | 300-350            | 1,18-1,20            | 90-96 | 0,15-3,5             | 0,25-4,5       | I. Неустойчивый (МГЭС претерпевает интенсивные изменения вплоть до полного разрушения при физических воздействиях и/или изменениях геолого-экологических условий ниже критических) | Слабая (с преимущественно дальними коагуляционными связями между компонентами твердой фазы) | Жидко-вязкотекучая, (С от менее 1 до 5 кПа)    |
| 2     | Древне-черноморская (3-7)                                     | Осадочный, преимущественно биогенный (сапропелевый, сапропелевидный)                                   | 10-18                 | 8-22                  | 243-381            | 1,10-1,28            | 80-94 | 0,5-10,5             | 1-10           | II. Относительно устойчивый (МГЭС слабо изменяется при физических воздействиях и/или изменениях геолого-экологических условий ниже критических)                                    | Мягкая (с преимущественно близкими коагуляционными связями между компонентами твердой фазы) | Текуче-пластичная (С от 5 до 10 кПа)           |
| 3     | Ново-эвксинская (7-22)  | Осадочный, терригенный пелитовый и алевропелитовый глинистый   | менее 10              | менее 1,5             |                    | 1,42-1,91            | 70-85 | 10,5-100,7           | от 10 до 20-50 |  | Мягко-гупо-пластичная (С от 10 до 50 кПа и более)   |  |

онирования, а также определить позицию в классификации морских геолого-экологических систем в целом [20].

**Выводы.** Геоэкологические условия, существовавшие в Черном море в районе распространения ОМО на протяжении последних примерно 10–12 тыс. лет, обеспечили определенные пространственно-временные соотношения сформировавшейся и функционирующей здесь МГЭС и ее субсистем. В районе исследований среди факторов условий геоэкогенеза с конца новозвксинского времени доминировали: поднятие уровня моря; увеличение содержания солей в смежной акваэкосистеме; изменение состава и количества биоэкокомпонента в формирующейся МГЭС и смежной акваэкосистеме, вплоть до его фактического исчезновения. Кроме того, увеличивалось количество поступающего в МГЭС континентального склона вещества, активизировалась деятельность турбидитных потоков на континентальном склоне и его подножии, что благоприятствовало усилению роли нефелоседиментации.

В целом, геоэкологические условия района распространения ОМО обусловили благоприятную обстановку нефелоседиментации, а сформировавшаяся здесь МГЭС может быть примером нефелоседиментационной глубоководной геолого-экологической системы. Всеми своими характеристиками, своим обликом она позволяет судить как о геоэкологических условиях своего формирования и функционирования, так и о других особенностях всей геоэкологической системы Черного моря, в частности, о компонентном составе и структуре МГЭС, принципиальных чертах морфологии границы «МГЭС – акваэкосистема», о геодинамических тенденциях развития бассейна и др.

Генетически данные МГЭС относятся к осадочным терригенным, биогенным или гетерогенным образованиям, сформировавшимся, в основном, в морских условиях. Твердый компонент геолого-экологических систем терригенного типа в районе исследований состоит, в основном, из дисперсного кварца, каолинита, монтмориллонита, гидрослюда с примесью биогенных карбонатов и аморфного кремнезема. В субсистемах МГЭС биогенного типа твердый компонент представлен главным образом скелетами кокколитов, диатомей, фрагментами раковинок фораминифер. Кварц, каолинит, монтмориллонит, гидрослюда присутствуют здесь в качестве примесей. Если в твердом компоненте системы присутствуют все вышеперечисленные составляющие, она относится к МГЭС смешанного типа. Среди разновидностей МГЭС рассматриваемого района континентального склона преобладают иловые пелитовые и алевро-пелитовые геолого-экологические системы, газонасыщенность которых варьирует от слабой до сильной. В пространстве МГЭС района распространения ОМО нередко встречаются прослойки и линзы псевдотвердых образований – газогидратов, что свидетельствует о соответствующих термодинамических условиях, характерных для ее пространства.

В результате синергии существующих в районе и описанных выше геолого-экологических условий, МГЭС донных отложений и ее субсистемы отнесены нами к классу, преимущественно, нестойких геолого-экологических систем. То есть, при физических воздействиях на них, или (и) изменениях геоэкологических условий их функционирования ниже критических, такие системы подвержены интенсивным изменениям вплоть до полного разру-

шения. Это объясняется тем, что между элементами твердых компонентов МГЭС этого класса, и это подтверждается ее консистенцией, которая колеблется от текуче-пластичной до жидко-текучей, имеют место, преимущественно, дальние коагуляционные связи, что позволяет отнести эти системы к группе слабых.

Характерно, что главная составляющая часть ОМО, а это сапропелевый и сапропелевидный вид субсистем рассматриваемой МГЭС, относится к классу относительно стойких МГЭС. Между элементами твердого компонента в МГЭС и ее субсистемах этого класса зафиксированы преимущественно ближние коагуляционные связи, что позволяет отнести эти системы к группе мягких. Поэтому можно ожидать, что при физических воздействиях на них, или (и) изменениях геоэкологических условий их функционирования ниже критических, субсистемы МГЭС этого класса изменятся слабо.

Можно предположить, что для прогноза поведения рассматриваемых МГЭС и их субсистем под воздействием кратковременной нагрузки, например движущегося механизма по отбору ОМО, можно использовать модель вязкотекучего тела. При более или менее продолжительных (минуты, часы, сутки и т. д.) нагрузках, исследуемые МГЭС могут вести себя как вязкая жидкость, характеризующаяся деформациями течения. Последние существенно активизируются под воздействием вибрационных нагрузок, что объясняется тиксотропными свойствами этих МГЭС.

Исходя из результатов исследований следует отметить, что пространственные различия в условиях возможной разработки ОМО определяются в меньшей степени изменчивостью свойств ее полезного компонента и окружающей его геологической среды. В формировании указанных различий более значимую роль играют другие факторы, обуславливающие, в частности, затруднения функционирования средств отбора полезного компонента. Однако, как представляется, специальные дополнительные исследования позволят выделить в исследуемом районе ряд участков, благоприятных для проведения добычных работ. Суммарная площадь таких участков, как ожидается, будет составлять не менее 80% от общей площади пограничной поверхности «МГЭС-акваэкосистема» в данном районе.

Из современных геолого-экологических динамических процессов и явлений, оказывающих негативное воздействие на условия разработки ресурсов ГЭС, в частности ОМО, наряду с сейсмическими и грязевулканическими следует опасаться гравитационных (сплывы, оползни) и эрозионных процессов, а также неожиданных мутьевых потоков. Однако степень возможного воздействия перечисленных процессов, несомненно участвующих в формировании геоэкологических условий данного района, также нуждается в дальнейшем изучении.

На основе выполненных и планируемых на будущее целенаправленных геоэкологических исследований возможно создание информационной системы «геоэкологические условия Черного моря», которая позволит систематизировать знания об особенностях геолого-экологических условий Украинского сектора континентального склона Черного моря, в том числе, в районе распространения ОМО, а также наметить ряд новых задач, реше-

ние которых повысит возможность и эффективность освоения ресурсов глубоководной МГЭС, в том числе с учетом требований Международных соглашений и договоров в области охраны окружающей среды и регулирования природопользования.

1. *Емельянов В.А.* Основы морской геоэкологии. Теоретико-методологические аспекты. – Киев: Наук. думка, 2003. – 238 с.
2. *Архангельский А.Д., Страхов Н.М.* Геологическое строение и история развития Черного моря. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1938. – 226 с.
3. *Бабинец А.Е., Митропольский А.Ю., Ольштынский С.П.* Гидрогеологические и геохимические особенности глубоководных отложений Черного моря. – Киев: Наук. думка, 1973. – 160 с.
4. *Герасимов М.Е.* К вопросу тектонического районирования Черноморского региона // Глубинное строение литосферы и нетрадиционное использование недр земли: Междунар. конф. – Киев, 1996. – С. 142-144.
5. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Черное море. – Том 4. – Вып. 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. – Спб.: Гидрометеиздат, 1992. – 248 с.
6. *Гончаров В.П., Непрочнов Ю.П., Непрочнова А.Ф.* Рельеф дна и глубинное строение Черноморской впадины. – М.: Наука, 1972. – 157 с.
7. *Митропольский А.Ю., Безбородов А.А., Овсяный И.И.* Геохимия Черного моря. – Киев: Наук. думка, 1982. – 144 с.
8. Земная кора и история развития Черноморской впадины / Под ред. Ю.Д. Буланже. – М.: Наука, 1975. – 355 с.
9. *Милановский Е.Е.* Проблема происхождения Черноморской впадины и ее место в структуре Альпийского пояса // Вестн. МГУ. Сер. геол. – 1967. – № 1. – С. 8-15.
10. *Муратов М.В.* История тектонического развития глубокой впадины Черного моря и ее возможное происхождение // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1962. – № 9. – С. 184-191.
11. *Шнюков Е.Ф., Щербаков И.В., Шнюкова Е.Е.* Палеоостровная дуга севера Черного моря. – Киев: Чернобыльинформ, 1997. – 287 с..
12. *Мельник В.І.* Літодинаміка каньонів Чорного моря в плейстоцені-голоцені // Геологія і корисні копалини Чорного моря. НАН України. – К.: Карбон-ЛТД, 1999. – С. 272-275.
13. *Мельник В.И.* Мезоформы рельефа материкового склона западного и северного секторов Черного моря. – Киев, 1993. – 49 с.
14. *Шнюков Е.Ф., Кутный В.А.* Карбонатные образования как производное газовых выделений на дне Черного моря // Геофиз. журн. – 2003. – Т. 25, № 2. – С. 90-100.
15. *Шимкус К.М., Емельянов Е.М., Тримонис Э.С.* Донные отложения и черты позднечетвертичной истории Черного моря // Земная кора и история развития Черноморской впадины. – М., 1975. – С. 84-97.
16. *Бабинец А.Е., Емельянов В.А., Митропольский А.Ю. и др.* Физико-механические свойства донных осадков Черного моря. – Киев: Наук. думка, 1981. – 204 с.
17. *Бурьянов В.Б., Гордиенко В.В., Русаков О.М. и др.* Неоднородности тектоносферы Черного моря по результатам изучения геофизических полей // Геофиз. журн. – 1987. – 9 №3. – С. 34– 44.
18. *Довбнич М.М., Демьянец С.Н.* Поля напряжений тектоносферы, обусловленные нарушением геоизостазии, и геодинамика Крымско-Черноморского региона // Геофиз. журн. – 2009. – 31, №2. – С. 107 – 116.

19. Кутас Р.И. Геотермические условия бассейна Черного моря и его обрамления // Геофиз. журн. – 2010. – 32, №6. – С. 135–158.
20. Ємельянов В.О., Прохорова Л.А. Класифікація морських геолого-екологічних систем // Геолог. журн. – 2012. – № 1. – С. 67-73.

*Представлені результати вивчення основних підгруп геолого-екологічних умов району поширення органо-мінеральних утворень в Українському секторі континентального схилу північно-західної частини Чорного моря. Передбачається, що отримані результати будуть взяті за основу при проведенні об'єктивної оцінки геоекологічних умов зазначеного району для прийняття оптимальних проектних і господарських рішень, спрямованих на освоєння ресурсів його геолого-екологічної системи.*

*Results of study of the major subgroups of geo-ecological conditions in the area of the organo-mineral occurrence in the Ukrainian sector of a continental slope of a northwest part of the Black sea are presented. It is supposed, that the results will form a basis at carrying out an objective estimation of geo-ecological conditions of the specified area to take the optimum design and economic decisions directed on development of resources of its geo-ecological system.*

Поступила 07.11.2011 г.