**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ КРУПНОМАСШТАБНОГО
ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ
МИРОВОГО ОКЕАНА**

**ENVIRONMENTAL STUDY THE POSSIBILITY OF LARGE-SCALE DEVELOPMENT
OF SOLID MINERALS DEPOSITS OF THE WORLD OCEAN**

Каширский А.С., аспирант

Kashirskiy A.S., Post-graduate student

Горный институт НИТУ «МИСиС», Москва, Россия

National University of Science and Technology MISiS, Moscow, Russia

E-mail: kashirsky@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Рассматривается возможность освоения минерально-сырьевых ресурсов дна Мирового океана с целью укрепления минерально-сырьевой безопасности. Приведены основные негативные экологические последствия добычи железомарганцевых образований.

ABSTRACT

Possibility of development of mineral raw material resources of a bottom of the World Ocean for the purpose of strengthening of mineral and raw safety is considered. The main negative ecological consequences of production of ferromanganese educations are given.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Минерально-сырьевая безопасность; ресурсы Мирового океана; океаническая среда; негативное экологическое воздействие; мониторинг; природоохранные мероприятия.

KEY WORDS

Mineral resources security; Resources of the ocean; Ocean environment; Negative environmental impacts; Monitoring; Environmental protection measures.

Последние полвека наша цивилизация безуспешно пробует решить проблему дальнейшего существования и развития Человечества, что является следствием роста негативных тенденций в жизни мирового сообщества, увеличивающейся «пропастью» в уровне развития и благосостояния различных государств, ростом количества политических, этнических и религиозных конфликтов, ухудшающейся экологической обстановкой.

В последние десятилетия резко обострились проблемы биосферы Земли, в которой все большую часть начинает занимать техносфера, охватывающая атмосферу, литосферу и гидросферу, а также минерально-сырьевых перспектив. В принципе можно признать, что в пределах нашей планеты формируется глобальная природно-техногенная система. В то же время необходимо отметить, что экономика сегодняшних дней – это экономика знаний, позволяющих получать новые технологии во всех отраслях хозяйствования и тем более при освоении и переработке полезных ископаемых.

Минерально-сырьевые ресурсы - это совокупность запасов минерального сырья в недрах (общепринятое выражение; франц. resource – вспомогательное средство). Они занимают особое место среди естественных богатств природы. Минерально-сырьевые ресурсы являются природным источником производства более 90% продукции тяжелой промышленности, используются во всех сферах и отраслях хозяйствования, то есть являются основой развития государства и обеспечения его стратегической безопасности. Можно сказать, что стратегическая безопасность нашей страны обеспечивается минерально-сырьевой безопасностью, то есть наличием комплекса производств от разведки до переработки сырья и получения конечного продукта.

Однако минерально-сырьевой комплекс, созданный в СССР до 90-х годов прошлого столетия и обладающий большим запасом устойчивости и способностью к выживанию по сравнению с другими отраслями экономики в период «реформирования и демократизации», в настоящее время тоже оказался в критическом положении. Несмотря на негативные тенденции последних лет, именно МСК формирует по словам бывшего министра Минприроды Ю.П. Трутнева до 60% бюджета России. С этой точки зрения наибольшие перспективы обеспечения минерально-сырьевой безопасности нашей страны имеет освоение ресурсного потенциала Мирового океана – последнего резерва минерального сырья на нашей планете.

Широкомасштабное промышленное освоение минерально-сырьевых ресурсов Мирового океана – задача ближайших десятилетий. Развитие цивилизаций всегда обусловлено расширением спектра и увеличением объемов используемых минерально-сырьевых ресурсов. Возрастающая с каждым годом потребность в минеральном сырье, расширение перечня используемых видов, истощение и ограниченность месторождений суши – вот только неполный список причин необходимости в самое ближайшее время разработки оборудования и технологий добычи и обогащения твердых полезных ископаемых морского дна [1-3]. К наиболее ценным твердым полезным ископаемым дна мирового океана относятся железомарганцевые образования – ЖМО (конкреции и корки) и илы, содержащие редкоземельные элементы [2-4].

Однако, кроме трудностей, связанных с технической сложностью добычи, и значительными экономическими затратами, существует весьма существенная экологическая проблема. Экологические последствия добычи полезных ископаемых в акваториях довольно неоднозначны, а авария в Мексиканском заливе при добыче нефти компанией «Бритиш Петролеум» 20 апреля 2010 года вообще чуть не поставила крест на самой идее разработки морских месторождений.

Международная океанографическая комиссия ЮНЕСКО еще в прошлом столетии приняла определение, в соответствии с которым под загрязнением моря понимается введение в морскую среду веществ или энергии, приводящее к вредным или необратимым последствиям, наносящим ущерб живым ресурсам и здоровью людей, созданию помех деятельности морских организмов, ухудшению качества морской среды и нарушению элементов системы «океан-атмосфера». Как видно, под такое определение попадают все виды человеческой деятельности – начиная от добычи углеводородов и кончая рыболовством, морским транспортом, береговыми курортами и т.д.

Насколько же добыча ЖМО воздействует на морскую среду? Все наиболее значительные особенности океанических вод связаны со количеством растворимых солей, соотношение которых между собой остается всегда постоянным. В водах Мирового океана обнаружены все цветные химические элементы и все их изотопы. Для планетарного обмена веществ весьма важно то обстоятельство, что хлористые соединения, преобладающие в океане, практически отсутствуют в реках.

Биологическая продуктивность океанической среды зависит от интенсивности поглощения фитопланктоном питательных соединений и скоростью их поступления в зону фотосинтеза. В частности, одноклеточные водоросли наиболее активно поглощают соединения фосфора и органически связанного азота при условии наличия растворенного кислорода.

Благодаря интенсивному потреблению биологических элементов фитопланктоном, содержание их в поверхностном, наиболее продуктивном, 100-200-метровом слое оказывается минимальным и не всегда достаточным для активного развития жизни. По мере удаления от поверхности океана количество питательных веществ быстро нарастает. Уже на глубине 200 метров оно увеличивается в 2-4 раза, а на глубине 800-1000 метров концентрация питательных веществ достигает максимальных значений, значительно изменяясь затем во всей остальной толще вод океана. Восполнение биогенных продуктов происходит за счет поступления их с речным стоком, разрушением берегов и выносом из глубин океана в местах подъема

вод. Такие условия имеют место в областях циклонических круговоротов вод и в зонах дивергенций течений. Там же, где располагается антициклонические системы или конвергенции течений, которым свойственно опускание поверхностных вод, возникает дефицит питательных веществ, что резко ограничивает развитие первичной продукции. Недостаток растительной пищи влечет к ограничению размножения зоопланктона, рыб и других животных.

Содержание кислорода определяется интенсивностью развития физических и биологических процессов. К первым относится газообмен между океаносферой и атмосферой, а также перенос кислорода водными массами, ко вторым – выделение кислорода при биохимических процессах. Общее содержание кислорода, растворенного в водах мирового океана, определяется в 7480 млрд.т.

Поскольку кислород образуется в результате фотосинтетической деятельности водорослей, живущих в приповерхностном слое (куда проникают солнечные лучи), и попадает в океаносферу в процессе газообмена с атмосферой, поверхностные воды оказываются близки к насыщению (содержание кислорода 93-97%). В поверхностном слое океана кислород в основном расходуется на окисление минеральных и органических продуктов. Около 90 процентов органических веществ разрушается в верхнем 200 – метровом слое. Остальные 10 процентов разлагаются в промежуточных, глубинных и придонных слоях. Кислород, поглощаемый поверхностным слоем, в процессе вертикальной циркуляции вод уносится в глубины океана. Чем сильнее нисходящее движение, тем, естественно, больше будет переноситься кислорода, содержание его в промежуточных, глубинных и придонных водах определяется соотношением между интенсивностью поступления и поглощением при окислительных процессах.

В низких широтах, где концентрация кислорода в поверхностных водах невелика, количество его с глубиной быстро понижается. Минимальное содержание отмечается в пограничном слое, разделяющем поверхностную и промежуточную структурные зоны, а также в верхней части последней, количество кислорода здесь падает от 0,5-10 литров (10-20 процентов насыщения). Причину образования столь малых его концентраций можно видеть в том, что вертикальный обмен в низких широтах относительно ограничен, промежуточные воды приходят уже обедненные кислородом, расходуют его по мере своего распространения, а масса осаждающихся органических и минеральных продуктов еще сравнительно велика. Перенос вод является главным фактором, определяющим содержание кислорода глубинных и придонных водных масс. В соответствии с особенностями их перемещения количество кислорода в Атлантическом океане понижается с севера на юг, а в Индийском и Тихом океанах – в обратном направлении, причем в Атлантическом океане глубинные придонные воды насыщены кислородом в 1,5-2 раза больше, чем в Тихом. Даже в придонном слое отличается высокая концентрация кислорода, достигающая до 40-70 процентов насыщения. Тем самым обеспечиваются активные окислительные процессы и развитие жизни во всей толще вод Мирового океана от поверхности до дна.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод об определяющей роли всех этих процессов на формирование и круговорот биогенов на нашей планете.

В процессе круговорота биогенов происходит их перенос между океанами, потребление или выделение во время фотосинтеза, обмен с атмосферой и сушей (табл. 1,2).

Поглощение кислорода с атмосферными осадками, в результате ветрового волнения и за счет выноса речными водами составляет менее 0.01 процента величины, продуцируемой фитопланктоном. Количество кислорода, выделяемого в процессе фотосинтеза, определяется в 154 млрд. т. в год. За счет этого им насыщаются воды Мирового океана и большая его масса выделяется в атмосферу. В океанических водах содержание кислорода в 50 раз больше того, что ежегодно создает морская растительность. Вместе с тем фитопланктон поглощает 772 млн. т. азота в год. Таким образом, фотосинтетическая деятельность океана оказывает очень большое влияние на газообмен всей планеты.

Таблица 1 - Общее содержание основных биогенных веществ в мировом океане, их годовой обмен в толще вод и извлечение за год при фотосинтезе

п/п	фосфор	кремний	кислород
Общее содержание	98,8	291,8	7480
Обмен в океане	1,5	55	143
Извлечение при фотосинтезе	1,1	31	-

Таблица 2 - Составляющие биогенного обмена Мирового океана с сушей и атмосферой

п/п	количество		примечание
	Млн. т сухой массы	проценты	
Вынос речным стоком	0,7-1,0	50-60	Органические вещества
Поступления в результате разрушения берегов и транспортировки льдами	0,1-1,0	10-20	Органические и минеральные формы
Перенос с осадками и ветром	0,1-0,3	10	Органические и минеральные формы
Минеральные соединения основных биогенных веществ (фосфор, азот, углерод)	0,3-0,5	20	Химическая основа для синтеза органических веществ
Всего	1,2-2,5	100	

Солнечный свет проникает в глубину океана максимум до 800 м, кроме этого в жизни океанов большое значение имеют также давление, температура и плотность, на больших глубинах средняя плотность может достигать 1.07 г/см^3 , давление увеличивается на 1 атм через каждые 10 м, температура с глубиной понижается, и на глубинах 1-1.3 км она колеблется от +2...+3 градусов до -1.6 градусов по Цельсию. Все это определяет то, что растительный и животный мир в океане в основном сосредоточен на глубинах до 1500м, на глубинах больше 3000 м обитает только 0.6 процента живых существ океана [4].

Насколько же негативными будут разработки ЖМО? Основными отрицательными воздействиями для морской среды при освоении Месторождений морского дна будут являться:

- увеличение концентрации взвешенного в морской воде материала;
- нарушение кислородного режима в данном регионе;
- преобразование рельефа в месте разработки;
- накопление химических веществ;
- негативное воздействие на биоту мирового океана при незначительных глубинах разработки (например, в шельфовых зонах).

Разработки в океане должны быть максимально безопасными для окружающей природной среды. Основным фактором, обеспечивающим ресурсосбережение и охрану ОПС при морских разработках, является высокая адекватность состоянию природной среды используемой или проектируемой технологии горных работ и применяемого для этих целей оборудования. Поэтому уже на этапе проектирования и даже ранее – на стадии выбора направлений исследований, преимущество должно отдаваться направлениям, которые на всех этапах ведения морских горных разработок будут оказывать минимальное негативное воздействие на экологию.

Пока еще рано говорить о масштабной добыче ЖМО, но первоначальные этапы освоения морских месторождений твердого минерального сырья и ведение геологоразведочных работ показали, что в общем балансе эти загрязнения оцениваются как незначительные в сопоставлении с природными процессами и суммарными техногенными факторами. Промышленная добыча ЖМО конечно приведет к усилению техногенного воздействия на экосистему Мирового океана, но

конкретно по каким позициям и в какой степени? Можно с уверенностью сказать, что любые предлагаемые технологии добычи изменят структуру и рельеф дна. Но предполагаемые районы разработки имеют по площади тысячные доли процента от общей площади Мирового океана, а волновые явления (особенно штормы и цунами) преобразовывают рельеф прибрежных зон в гораздо больших масштабах. Донные тралы, вылов крабов, трепангов, лангустов и т.п. тоже вызывают изменение рельефа, притом в наиболее обитаемой толще океанических вод.

Значительной опасностью можно признать подъем с больших глубин при добыче ЖМО так называемой «мертвой» воды, бедной кислородом и имеющей низкую температуру, в поверхностные горизонты океанических вод – главное местообитание биомассы океана. Следовательно, проектирование оборудования и технологий для добычи ЖМО должно осуществляться с условием минимизации объемов поднимаемой вместе с полезными ископаемыми вмещающих вод. В МГГУ разработаны два вида аппаратов для добычи конкреций, которые практически полностью исключают подъем глубинных вод [5].

Минеральная муть, образующаяся при отделении ЖМО от забоя, также может оказать негативное воздействие на некоторые морские организмы. Известно, что коралловые полипы погибают в замутненной воде, некоторые планктонные организмы также избегают районов с повышенной мутностью. Здесь выход один – технология добычи должна быть такой, чтобы слой замутненной воды был минимальным и не распространялся за пределы разрабатываемой площади. Представляет особый интерес опыт промышленной добычи ООО «Петротранс» в Балтийском море в течении ряда лет.

В районе Выборгского залива до 2005 г. проводилась разведка запасов и геологические исследования месторождения железо-марганцевых конкреций (ЖМК), а с 2006 г. началась его промышленная разработка. Разведка и добыча конкреций сопровождалась экологическими исследованиями, имевшими своей целью отследить воздействие использовавшихся технологических процессов на природные экосистемы. Эти исследования проводились группой ученых под руководством А.А. Филиппова, которые опубликовали свои результаты в 2007 г.

В результате проведенных исследований было доказано, что видовой состав и обилие планктонных организмов в границах полигона добычи ЖМК и за его пределами практически не различались. Состав доминантного комплекса фитопланктона и зоопланктона исследованного района был характерен для восточной части Финского залива. В фитопланктоне преобладали синезеленые водоросли, в зоопланктоне основную роль играли веслоногие рачки и их науплиальные и копеподитные стадии. По результатам исследований был сделан вывод, что трансформация условий окружающей среды, наблюдающаяся в ходе добычи ЖМК, ведет к кратковременному изменению структуры фитопланктона и гибели части представителей зоопланктона. Отмечается общий рост биомассы фитопланктона и частичная гибель некоторых представителей зоопланктона. Замечен рост биомассы фитопланктона в прибрежной зоне, подверженной влиянию процесса добычи. В долгосрочном аспекте выемка грунта с последующим дампингом пульпы оказывает существенное негативное влияние только на донные сообщества. Последнее выражается в многократном снижении видового разнообразия и обилия макрозообентоса в районе работы земснаряда [6].

Конечно, нарушения естественной природной среды океана при разработке ЖМО не избежать, но минимизировать можно. С учетом процентного содержания полезных компонентов в ЖМО и рудах месторождений суши, отрицательное воздействие на окружающую природную среду (ОПС) морских разработок будет на несколько порядков ниже, чем при разработке известных месторождений на суше.

В любом случае реальный ущерб ОПС и действенные меры по его предотвращению можно будет оценить лишь в результате производства крупной промышленной добычи ЖМО.

Однако обязательным условием организации такой добычи должна быть разработка природоохранных мероприятий, включающей как минимум следующие этапы:

1. Изучение фоновых показателей водной среды, донных отложений и биоты с составлением карт районов образования; выбор эталонных участков.
2. Определение (изучение) допустимых уровней загрязнения; прогноз последствий.
3. Постоянный мониторинг морской среды по всем показателям.
4. Определение наиболее уязвимых в экологическом отношении участков и разработка мер по предотвращению или минимизации ущерба ОПС.

Активизация исследования в области создания и развития морской горнодобывающей промышленности во многих странах подтверждается многолетним межнациональным экспериментом по добыче железомарганцевых конкреций на полигоне "BIE" (Benthic Impact Experiment – "Удар по морской флоре и фауне"). Глубоководный земснаряд "Дисторбер" производил разработку конкрециеносной залежи на глубине 4650 м со сбросом гидросмеси на различных глубинах. Основными выводами при этом можно признать, что авария не повлечет негативных экологических последствий в районе добычи. Однако эти результаты весьма относительны; и по продолжительности, и по масштабности эти работы не могут сравниться с крупномасштабным освоением ресурсов Мирового океана.

С этой точки зрения представляет особый интерес предполагающаяся промышленная добыча глубоководных полиметаллических сульфидов международной горнодобывающей компанией "Наутилус Минералз" в море Бисмарка (вблизи о. Н. Гвинея) в 2018 г. Согласования по экологической составляющей этих разработок с правительством Папуа-Новой Гвинеи заняли несколько лет и включали сотни ограничений и обязательств.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Козловский Е.А., Малютин Ю.С. Мировой океан как резерв минерального сырья в XXI веке / Мировая горная промышленность 2004-2005. – Т.1. –с.165-179.
2. Гальперин А.М., Кириченко Ю.В., Щекина М.В., Каширский А.С., Якупов И.И. Оценка возможностей вовлечения железомарганцевых месторождений морского дна в разработку ч.І. Минерально-сырьевые ресурсы Мирового океана. – М.: «Горная книга», 2014, ГИАБ №5, с. 134-142.
3. Гальперин А.М., Кириченко Ю.В., Щекина М.В., Каширский А.С., Якупов И.И. Оценка возможностей вовлечения железомарганцевых месторождений морского дна в разработку ч.ІІ. Перспективы разработки глубоководных месторождений твердого минерального сырья. –М.: «Горная книга», 2014, ГИАБ №6, с.361-368.
4. Кириченко Ю.В. Щекина М.В. Наука о Земле ч.2. –М.: «Горная книга», 2009, 227 с.
5. Kirichenko U.V., Kashirsky A.S. Development of underwater fields of firm minerals for a solution of the problem of deficiency of the mineral raw materials. I scientific Reports on Resource Issues 2014, vol.1, innovations in Mineral Resource Value Chains.- 2014, supported by the IVR Partner Universities, p. 239-247.
6. Филиппов А.А., Кийко О.А., Ланге Е.К., Стогов И.А. Результаты двухгодичного мониторинга влияния добычи ЖМК в Финском заливе на гидробиокомплексы района проведения работ. / Сборник Тезисов VIII Международного экологического форума «День Балтийского моря» (21-23 марта 2007г., Санкт-Петербург). -2007, ООО «Изд-во «Диалог»» - с. 118-119.