
Е.Ф. Шнюков ¹, А.П. Зиборов ¹, В.П. Коболев ²

¹ Отделение морской геологии и осадочного рудообразования НАН Украины, Киев

² Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Киев

ПРОБЛЕМА ОСВОЕНИЯ ГЛУБОКОВОДНОГО ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ В ЧЁРНОМ МОРЕ

Первоочередные задачи освоения глубоководного органо-минерального сырья в Чёрном море были сформулированы ещё в конце прошлого века. Для Украины эти месторождения могли бы стать неисчерпаемой кладовой для сельского хозяйства, а экологически чистые удобрения на их основе — пополнить экспортный потенциал страны. В статье рассматриваются вопросы геолого-экономического обоснования целесообразности подготовки промышленного освоения месторождений сапропелесодержащих илов в труднодоступной глубоководной среде Чёрного моря.

Ключевые слова: сапропель, месторождение, горное производство.

Введение

Проблема расширения минерально-сырьевой базы Украины включает как увеличение прогнозных запасов природных ресурсов, так и освоение новых видов месторождений, к которым относятся обогащенные сапропелевым органическим веществом глубоководные органо-минеральные осадки (ГВОМО) Чёрного моря. Собственно сапропелевые илы — это новый вид комплексного сырья, который до настоящего времени в Украине и в мире в промышленных масштабах не разрабатывается. Поэтому проблема освоения ГВОМО, включающая поиски и разведку сапропелесодержащих месторождений, разработку технологии их добычи, переработки и рационального использования, несомненно, является актуальной задачей [10].

ГВОМО перспективны в первую очередь для аграрно-промышленного сектора. В сельском хозяйстве продукты из сапропеля успешно применяются как кормовые добавки, удобрения и ветеринарные препараты. Институтом земледелия Украинской академии аграрных наук доказано, что использование органо-минеральных смесей на основе морских сапропелей, азотно-фосфорно-калиевых минеральных удобрений и сорбентов даёт возможность повысить урожайность на 20—30 % и даже на 50 % и в разы умень-

© Е.Ф. ШНЮКОВ, А.П. ЗИБОРОВ, В.П. КОБОЛЕВ, 2015

шить объемы вносимых удобрений. Следует также отметить разработку технологии промышленного производства органо-минеральных биоактивных гранулированных удобрений, которые содержат только натуральные компоненты и представляют собой экологически чистый продукт в соответствии с приоритетами агроэкологической политики ЕС [1]. Извлекаемые из сапропеля пористые продукты могут использоваться в виде сорбентов для сбора нефти, очистки питьевой воды и коммунальных стоков. В медицине конечный продукт переработки сапропеля может применяться в терапевтических, оздоровительных и косметических целях [5]. Таким образом, ГВОМО с позиции значимости среди минеральных ресурсов Азово-Черноморского бассейна должны занимать особое положение.

Двадцать лет назад исследование ГВОМО по проекту «Сапропель» проводилось в Чёрном море (1993—1997 гг.) в рамках «Национальной программы исследований и использования ресурсов Азово-Черноморского бассейна и других регионов Мирового океана на период до 2000 г.» под эгидой Национального агентства морских исследований и технологий Украины [15]. Полученные в результате выполнения проекта научно-технические решения предполагалось положить в основу развития морского горного производства в Украине. Однако этого не произошло. Лихие 90-е годы привели к разрыву научно-производственных связей и грандиозным потерям научно-технического потенциала. Практически полностью был утрачен научно-исследовательский флот [14], опытно-экспериментальные базы, стенды, полигоны, что привело к нарушению непрерывности научного обеспечения и преемственности развития работ.

По сути, Украина оказалась без центра, формирующего стратегию морского горного производства и машиностроения (Национальное агентство морских исследований и технологий было упразднено). Поэтому базовые отрасли не были ориентированы на разработку прорывных технологий и обеспечивающих их внедрение техники и оборудования [17].

В связи с принятием «Общегосударственной программы развития минерально-сырьевой базы Украины на период до 2030г», сложившееся отношение к освоению месторождений органо-минерального сырья в Черном море нельзя считать оправданным. Равно как и причины застоя в решении проблемы освоения ГВОМО в Украине нельзя связывать только с ограниченной возможностью финансирования исследований и подходить к оценке её решения за счёт сохранения состояния отложенного ожидания.

С учётом декларируемых Кабинетом Министров Украины перспектив, предусматривающих в течение ближайших 10 лет увеличение объемов сельскохозяйственного производства в Украине в три раза, в условиях нарастания дефицита в обычных минеральных удобрениях и роста их цен, нужда в морском органо-минеральном сырье встанет на повестку дня. Потребность в ГВОМО может быть настолько велика, что даже без четкого на сегодня технико-экономического обоснования и общей стратегии они будут необходимы и востребованы. Следовательно, возникнет конкуренция, и к этому также надо быть технически и юридически подготовленными.

Целью настоящей статьи является осмысление новых подходов к решению этой сложной проблемы — геолого-экономическому обоснованию принятия решения о целесообразности подготовки промышленного освоения ГВОМО в труднодоступной глубоководной среде.

Исторический экскурс

Интерес к сапропелю (озерному) возник ещё в 1915 г., когда по инициативе академиков Н.С. Курнакова, В.И. Вернадского и А.Е. Ферсмана была создана комиссия по изучению естественных производительных сил России. Академик И.М. Губкин в 1919 г. писал: «Правильной постановке сапропелевого дела нужно придавать огромное государственное значение. В Советской России может развиваться большая сапропелевая промышленность, которая будет доставлять ряд ценных продуктов не только для потребления внутри страны, но и экспорта их за границу». По результатам исследований «Сапропелевого комитета», которые продолжались до 1932 г. и базировались на опытах с перегонкой, экстрагированием, а главное с обезвоживанием сапропелей, отмечалось, что без решения вопроса о дешёвой сушке все предложения об использовании сапропеля должны быть признаны бесперспективными. В то время эта проблемы так и не была решена. Довольно обширный и достаточно продолжительный опыт использования озёрного сапропеля в России тем не менее не получил широкого применения. Ответ на этот вопрос российские исследователи находят в недостаточной информационной базе, отсутствии рекламы о разнообразии свойств и ценности сапропеля, в необходимости обеспечения экологической безопасности операций при добыче, а также в закрытости сведений о ряде перспективных разработок и применении новейших технологий [3].

Следует отметить, что уровень развития науки и технологий того времени не позволял разделять сложную смесь органических веществ и получать широкий ассортимент товарных продуктов. Хотя уже в то время путём химической переработки было получено много ценных химических продуктов, и в настоящее время информация о промышленной реализации химической переработки сапропеля отсутствует.

В послевоенный период основная часть работ по изучению сапропелевых ресурсов выполнялась для сельского хозяйства. Сезонная добыча озёрного сапропеля, нетрадиционного для горного промысла сырья (подводный забой, горная масса переменной консистенции, повышенная влажность), осуществлялась двумя способами: экскаваторным (грейферным) и гидромеханизированным в основном для местных нужд.

Следует отметить, что добытый сапропель — лишь сырьё, которое нуждается в дальнейшей глубокой переработке. Непонимание этого привело к тому, что интерес к его более широкому использованию на довольно длительный период времени был утрачен. И только с первыми комплексными теоретическими и прикладными исследованиями пришло осознание того, что из сапропеля возможно и выгодно производить новые инновационные продукты.

Начиная с 1982 г. коллектив учёных Института океанологии БАН (Варна), Института почвоведения (София), Института физиологии растений (София) и Аграрного университета (Пловдив) проводят лабораторные и полевые испытания ГВОМО, изучая их воздействие на рост зерновых, овощных, плодовых, виноградных и масличных культур. Зарегистрирован патент «Мелиорант для почв и субстратов» (Патент №63868 от 30.04.2003, патентное ведомство Болгарии) [2].

Румынская компания Magexin в 2008 г. получила лицензию на разведку сапропелесодержащих донных осадков на площади 9000 км² в румынском секторе

Черного моря и инвестировала более \$ 20 млн в научно-исследовательские проекты по разведочным и добычным технологиям этих потенциальных ресурсов. Компания Magexin разрабатывает новые технологии глубоководной добычи и методы адаптации существующих современных технологий к новым горнотехническим условиям с целью обеспечения комплексной механизации горных работ на глубоководных террасах и доставки сапропелесодержащих осадков на плавсредство для их последующей переработки. В настоящее время разработка этих проектов находится в стадии развития.

В России интерес к сапропелю возобновился в 90-е гг. прошлого века [16]. В 2005—2008 гг. в Омской области была реализована целевая программа «Омский сапропель», которая была нацелена на разработку технологий переработки сапропеля, получения наукоемких продуктов и их сертификацию для сельского хозяйства, ветеринарии, медицины и химической промышленности. В итоге возможность многофункционального использования сапропелевого сырья была доказана результатами проведенных совместных научных исследований ЗАО «Сибирская органика» со структурами СО РАН [5]. Реализация вышеуказанной программы была обеспечена за счёт консолидации научного потенциала, подкреплённого совместными усилиями бизнеса и власти. Время показало высокую эффективность и результативность такого объединения и открыло новые перспективы производства инновационной продукции на основе сапропеля и в использовании ресурсов ГВОМО.

До настоящего времени сапропелевые илы в своей основной массе всё ещё относят к нетрадиционному для горного промысла сырью со своими специфическими физическими свойствами, представляющими интерес как сырьё местного значения, а не комплексное сырьё, которое нуждается в двойной, а возможно и тройной переработке, чтобы получить новый инновационный продукт. Особое внимание при этом уделяется процессам обезвоживания сапропелевой массы и высушивания её до кондиционной влажности, соответствующей сыпучему состоянию готового продукта. Это позволяет обосновать направления совершенствования добычной и обогатительной техники, создание новых технологий переработки и расширить границы использования. Если эти соображения принять во внимание и учесть, что «вопрос о дешёвой сушке» всё ещё продолжает оставаться актуальным [7], наряду с закрытостью сведений о новейших технологиях, то можно предположить, что эпоха горнодобывающей промышленности на базе сапропелей ещё впереди.

Потребительские свойства и спрос

ГВОМО — перспективное сырьё, но потребительские свойства и прогнозируемый на него спрос ещё исследованы в первом приближении и только в отдельных сферах народно-хозяйственного комплекса [5].

Освоение месторождений минерального сырья в любых природных условиях оправдано, если есть в нём нужда рынка, а возможно — при наличии соответствия условий их залегания современным технологиям производства горных работ. Однако конечный результат зависит от эффективности использования этого сырья. Поэтому при геолого-экономических исследованиях в обоснование целесообразности освоения конкретного месторождения ГВОМО под полезным

ископаемым целесообразно понимать отгружаемую морским горным предприятием (МГП) конечную продукцию, в которой испытывает нужду наиболее массовый потребитель (рынок). Главным результативным элементом в данном случае является производство, желательно конкурентоспособное, базирующееся на научно-исследовательских изысканиях (на инновациях).

Изучение восприятия ГВОМО потребителем является чрезвычайно важной и сложной составляющей в прогнозировании спроса, особенно в условиях рыночных отношений. Наличие этих данных позволит разработчикам проекта не работать вслепую, а просчитывать возможность разработки инновационных продуктов. Поэтому свойства ГВОМО и сфера их использования, в т.ч. и как комплексного сырья, требуют обстоятельного и тщательного изучения.

Но на вопрос, что в действительности (новый товар, какого качества) захочет купить потребитель и оправдает ли эта покупка его надежды — необходимо в условиях рынка иметь ответ на этапе постановки задачи об освоении его производства. Ответ будет наиболее убедительным, если он обоснован результатами проведенных испытаний нового товара в условиях производства потребителя, желательно с участием поставщика сырья. Новаторами считаются первые 25 % покупателей, но их надо ещё найти и убедить в преимуществах нового товара и в проведении его исследований.

При неприятии нового товара потребителем возникновение убытков неизбежно, и лишь упреждающее определение того, как новый товар будет им воспринят, может свести их к минимуму или избежать вообще, если прогноз будет верен. Поэтому техническая возможность промышленной разработки ГВОМО, экономические аспекты освоения этих месторождений остаются пока значительно менее определёнными, а месторождения относят к разряду потенциальных минеральных ресурсов.

При этом с учётом сложившейся экономической ситуации следует предусмотреть привлечение внебюджетных средств на долевых взаимоприемлемых условиях между бизнесом и государством для оценки ресурсного потенциала, научного и материального обеспечения промышленного освоения.

Причём эти взаимоприемлемые условия кооперации бизнеса с государством в финансировании фундаментальных, прикладных исследований, НИОКР в их обеспечение и при создании опытно-инновационного продукта с научным сопровождением его до стадии опытно-промышленного производства должны быть юридически оформлены на довольно длительный период (как минимум 7—10 лет).

Учитывая новизну и сложность решаемой проблемы, трудно рассчитывать изначально на частные инвестиции. Поэтому исследования (проработки) на этой стадии должны быть сведены исполнителями проекта к техническому, технологическому временному необходимому минимуму, санкционированы координирующей организацией и профинансированы государством.

Выбор конкретного объекта освоения

Освоение месторождений ГВОМО предопределяет создание МГП в практически не освоенной труднодоступной природной среде, и, естественно, к решению этой задачи необходим новый подход, начиная с выбора конкретного месторождения, в процессе которого должна быть обоснована и стартовая

площадка для развития инноваций. В настоящее время первоочередные требования к выбору вновь осваиваемых месторождений сапропеля сводятся к следующим [4]:

- экологическая чистота сапропеля, определяющаяся нормативным содержанием в нём экологически вредных соединений;
- зональность, заключающаяся в том, что различные по составу сапропели не одинаково влияют на плодородие почв, поэтому в различных зонах Украины требования к качеству сапропелевых удобрений могут существенно отличаться;
- соответствие условий залегания сапропелевых залежей техническим условиям на их разработку, требованиям к качеству сапропеля основных потребителей и международных стандартов;
- потребности рынка в сырье или производимых на его основе товарных продуктах.

С целью использования морских сапропелесодержащих осадков в земледелии (по данным Института земледелия УААН) сырьё из месторождений ГВОМО должно иметь: органической составляющей — 18 %; общего азота — 0,57 %; фосфора (P_2O_5) — 0,12 %; калия (K_2O) — 3 %. Органо-минеральные смеси должны иметь в своём составе не меньше 3 % азота, 3 % P_2O_5 и 3 % K_2O . Содержание тяжёлых металлов (Sr, Pb, Cd) не должно превышать гранично допустимого количества (соответственно: 300—600; 11—14 и 0,7—0,9 мг/кг) сухого остатка.

Свою специфику имеют методы, а также способы получения и проведение углублённых экспериментальных испытаний инновационных продуктов, получаемых в результате переработки комплексного сырья, коим являются ГВОМО.

Таким образом, в первую очередь необходимо выбрать конкретный объект освоения (месторождение) и оценить горнотехнические условия его залегания, вещественный состав и физико-механические характеристики сырья, содержание органической составляющей и гранично-допустимое содержание тяжёлых металлов, необходимые меры по защите природной среды.

Основные результаты исследований в Черном море

Сапропелесодержащие осадки развиты в глубоководных впадинах, на подножии и верхних частях континентального склона Черного моря на глубинах более 400—500 м. Мощность толщи обогащённых сапропелевым органическим веществом осадков изменяется в разных участках моря от 0,35 до 2,0 м, а распределение обуславливается в основном рельефом дна [10].

В Западночерноморской впадине сапропелесодержащие осадки образуют сплошной горизонт. Лишь в осевых частях каньонов и на перегибах склона они уничтожены оползневыми процессами. Сапропелесодержащая толща переслаивается тонкими прослойками диатомовых илов, в которых пелитовая фракция составляет от 77,2 до 97,3 %. Важную роль в их составе играет биогенный материал — диатомовый, кокколитовый ил [12].

В результате геолого-геофизических экспедиционных исследований в течение 2009—2013 гг. на НИС «Владимир Паршин» и «Профессор Водяницкий» был выбран перспективный участок дна в субабиссальной зоне Западночерноморской впадины в пределах глубин 1650—2000 м [8, 9, 11—13]. Протяжённость исследованной территории залегания ГВОМО составляет около 135 км, ширина — до

75 км. Рельеф дна преимущественно ровный с редко встречающимися пологими холмами от 2—5 до 20—30 м. Установлено, что на выбранном участке сапропелевые илы достаточно выдержаны во всех колонках и рассматриваются как маркирующий горизонт.

Сапропель представляет собой микрослоистую коричнево-зелёную, тонкодисперсную, каучукоподобную и жирную на ощупь плотную массу, полезным компонентом которой является аморфное бесструктурное органическое вещество. Сухой сапропелевый ил окрашен в буровато-серый или тёмно-серый цвет, плохо размокает в воде и отличается значительной плотностью.

Наибольшая мощность пропластков составляет 63 см, наименьшая — 18 см. На исследованной площади установлено шесть разновидностей сапропелевого ила. Донный забой конкретного месторождения может быть представлен любой из них. В верхней части сапропеленосных осадков консистенция ила разжиженная, он малопластичен, текуч. С увеличением глубины от поверхности дна ил заметно уплотняется, приобретает пластичность. Ближе к подошве слоя он очень плотный, сильно пластичный [13].

Технологический слой ГВОМО составляют вскрышные породы и продуктивный слой, мощность которого вместе с покрывающими породами в пределах исследованной площади переменная. Суммарная мощность технологического слоя с учётом слоев продуктивного и вскрыши составляет 72—73 см, при граничных значениях 45—135 см и наиболее вероятных 90—100 см.

По литологическому составу илы подразделяются на собственно сапропелевые и сапропелесодержащие в зависимости от степени насыщения глинистым материалом, который, как правило, приурочен к подошве и кровле пласта. Осадки вскрышного слоя — кокколитовые микрослоистые илы, обогащённые микроэлементами и органическим веществом. Нижняя граница сапропеленосных осадков в разрезе хорошо выдержана. Они подстилаются серыми новоэвксинскими илами, местами со значительными включениями гидротроилита, придающего им чёрный цвет.

Распределение ведущего элемента сапропелей Сорг на исследованной площади характеризуется средней величиной 10,23 %. В вертикальном разрезе сапропеленосной толщи Сорг изменяется от 1,70 % в кокколито-сапропелевых илах до 22,9 % в сапропелевых илах. Химический состав сапропелесодержащих осадков своеобразен. Кроме основных осадкообразующих элементов в них установлено более 20 микрокомпонентов, в том числе Mo, U, Cu, Zn, Ni, As, Se, Ag, Au.

Горная масса, составляющая технологический слой, в целом солёная, повышенной липкости и влажности, насыщенная сероводородом. В донных осадках содержание сероводорода изменяется от 12—16 до 160 мг/л. Солёность вод в среднем составляет 17—18 ‰, в придонном слое глубоководной впадины — до 22,5 ‰. Верхний слой водной толщи занимает кислородная зона — 100—120 м, у берегов — до 180 м. Ниже расположена промежуточная зона, переходящая в глубинную — сероводородную. Её свойства резко отличаются от свойств поверхностного слоя воды [9].

Качественные характеристики ГВОМО и условия их залегания в различных зонах исследованной площади существенно отличаются, что необходимо учитывать при выборе и разработке научно-технических рекомендаций по освоению перспективных к освоению конкретных участков и при оценке их кондиций [10].

Освоение месторождений

Горное производство на суше имеет громадный опыт, развитую инфраструктуру, освоенные технологии добычи и переработки сырья, типоразмеры основного технологического оборудования. Ничего подобного нет для морских условий, в которые природа поместила месторождения нетрадиционного для горного промысла сырья ГВОМО. Последние, соответственно положению залежи относительно открытого уровня воды и поверхности дна, могут быть отнесены к категории глубоководных, поверхностного типа при горизонтальном или пологом падении залежей.

Для освоения месторождений ГВОМО под толщей покрывающей воды до 2,5 км техники пока не создано, как нет и технологий переработки и их использования в промышленных масштабах в различных сферах народного хозяйства. Пока сформулированы лишь возможные направления (идеи) использования (в ряде случаев только по аналогии с озёрным сапропелем), которые предлагаются потенциальным потребителям с целью привлечения их внимания к нетрадиционному перспективному сырью и апробации его использования в сфере их деятельности [4].

Главные условия освоения нового месторождения и уровень использования добываемого сырья в настоящее время характеризуют системой коэффициентов, отражающих как степень извлечения его из недр, и экологически щадящее отношение к природной среде региона, так и эффективность применения добытого сырья в различных сферах народно-хозяйственного комплекса.

Для морских месторождений такая оценка особенно значима, т.к. их освоение связано с созданием МГП на базе безлюдных и безотходных (экологически щадящих) технологий и горного оборудования пятого-шестого технологического уклада, большинство из которых ещё предстоит освоить. А это, в свою очередь, требует времени и повышенных затрат. Отсюда риск вложения капитала и требования к инновационному продукту, получаемому из этого сырья, который должен компенсировать усложнение, удорожание и обеспечивать прибыль [4].

Качество конечного продукта определяется вещественным и гранулометрическим составом исходного продукта (сырья в забое), содержанием в нём ценных компонентов, вредных примесей; наличием современных технологий и оборудования, позволяющих это сырьё на конечном этапе переработки привести в соответствие с предъявляемыми потребителями и международными стандартами требованиями к его качеству.

Освоение месторождений ГВОМО, которые относятся к категории с труднодоступными и новыми для горного промысла природными и горнотехническими условиями залегания, связано с переводом горных работ на глубоководные террасы и с необходимостью в связи с этим освоения в горном производстве технологий и оборудования пятого-шестого технологического уклада [4].

Для освоения ГВОМО в настоящее время отсутствуют апробированные промышленные технологии добычи и переработки. Не разработаны критерии, определяющие эффективность проектов по созданию МГП в этих новых природных условиях. Нет практики выбора конкретного месторождения и для его условий залегания — основных и вспомогательных средств механизации горных работ и защиты природной среды региона их проведения. Отсутствует опыт эксплуатации,

который в горном производстве определяет как степень извлечения комплексного сырья из недр, так и эффективность его использования. Это всё ещё предстоит исследовать и оценить, что, в свою очередь, связано со значительными сроками и материальными затратами, с повышенным риском вложения капитала, на что не очень согласен идти современный бизнес.

Проблема сегодня заключается в том, что необходимо сделать прежде всего, чтобы перевести уже в ближайшее время месторождения ГВОМО в разряд перспективных к подготовке промышленного освоения, при разумном риске вложения капитала, кто это может сделать и на каких условиях?

Могут ли усреднённые по исследованной площади данные по горно-геологическим условиям залегания и структуре ГВОМО, ориентировочные — по эффективности применения нового сырья в сельском хозяйстве, практически при полном отсутствии опыта и даже приблизительной оценки потребности в новом сырье — быть положены в основу разработки нового глобального проекта «Сапропель»? Видимо да, если иметь ввиду следующие структурные составляющие проекта:

- освоение конкретного месторождения в труднодоступных и новых для горного промысла природных условиях и организацию на его базе морского горного производства;
- разработку и освоение технических средств пятого-шестого технологического уклада механизации горных работ для освоения этого месторождения;
- разработку технологий отделения сопутствующих примесей (технологической воды пульпы, сероводорода, солей и т.п.), снижению влаги, сушки, и т.п.;
- освоение технологии обогащения сырья с получением сыпучего товарного продукта, качественных характеристик, обеспечивающих возможность использования морских сапропелесодержащих осадков в земледелии;
- выявление сферы использования ГВОМО как нетрадиционного комплексного сырья, используемого при специальной переработке для получения новых инновационных продуктов;
- оценку и выбор рациональной сферы использования ГВОМО (в каком виде и в каких объёмах);
- разработку инновационного проекта.

Техника и технологии

Выбору конкретного объекта должна предшествовать разработка на основе этих принципов научно-методических рекомендаций, которые бы позволили понимать и регламентировать добычу, обогащение и использование осадков конкретного месторождения в различных сферах народно-хозяйственного комплекса [7].

Поиск и разведка месторождений ГВОМО существенно отличаются от месторождений на суше. Например, в состав сложной физико-химической системы, которую представляют ГВОМО в естественных условиях залегания, входят две фазы: твердая, представленная мелкодисперсным минеральным веществом, и жидкая, представленная, в основном, поровой морской водой. Взаимодействие между ними — довольно сложный процесс, влияющий на выбор типа и параметров рабочего органа, горных технологий, технологий влагоотделения, сушки и

обогащения осадков и пр., что подтверждается опытом подготовки к освоению месторождений озёрного сапропеля.

Особое значение имеют механические характеристики сапропеля и консистенция илов в залежи в естественном состоянии, определяющие рациональную подготовку к выемке горной массы в подводном забое. Процессы грунтозабора, динамику откосов подводных выработок, проходимых в массиве залежи, и технологические схемы отработки также необходимо учитывать с целью обеспечения щадящего отношения к природной среде участка проведения горных работ.

Процессы размыва, переноса, сортировки и отложения осадков непосредственно связаны с динамикой водных масс на конкретном участке. Это ставит перед исследователями морских месторождений новые задачи по изучению течений, волнений, особенностей переноса и отложения морских наносов и их образования при отработке подводного забоя, в увязке с горными технологиями отработки выемочной единицы и размещением кондиционных участков на поле карьера. Не владея этими вопросами, вряд ли можно решать задачи рациональной отработки забоя, выбора рабочего органа и защиты водной среды от взвеси, а кондиционных участков — от осаждения мутьевых потоков, разубоживания горной массы и т.п., возникающих в процессе эксплуатации.

Более того, промышленная оценка подводных месторождений во многом зависит от режимов волнения моря, течений в районе их расположения, от обеспеченности прохода плавсредств из рабочей зоны в места укрытия при возникновении форс-мажорных обстоятельств, сезонности работы и пр.

Для выявления ориентировочного расположения кондиционных участков ГВОМО и оценки общих перспектив добычного региона необходимо проведение геоморфологических исследований морского дна и геофизических работ, которые позволят с затратой минимальных средств и времени обследовать значительные площади морского дна и выбрать параметры подводного карьера.

Таким образом, при освоении этой новой сферы горного производства, процесс формирования, накопления и обмена знаний должен иметь упреждающее развитие для возможности объективной оценки целесообразности освоения конкретного месторождения.

Технологический слой ГВОМО может обрабатываться послойно валовым способом. Однако следует иметь в виду, что при послойной отработке залежи, составляющие технологический слой породы, перемешиваются. При подъёме драги сквозь толщу воды возможно частичное вымывание жидкотекучих лёгких фракций (при этом происходит засорение ими покрывающей водной толщи). При послойной выемке в зависимости от глубины размещения сапропелевого пропластка от поверхности дна (в толще технологического слоя) величина $C_{орг}$ в отбираемых пробах может существенно меняться. В разных районах исследованной площади разрез и вещественный состав сапропелесодержащих осадков изменяется в довольно широких пределах. Сапропеленосная толща осадков характеризуется гранулометрической пестротой. На сегодняшний день запасы, вещественный состав сырья, ожидаемые горнотехнические условия залегания ГВОМО, экосреда региона, возможность комплексной механизации горных работ и ценность сырья находятся в лучшем случае на оценочной стадии.

Проблему освоения месторождений ГВОМО в Чёрном море не следует упрощать. А в пожарном порядке задачу освоения новых месторождений в морской

акватории на больших глубинах не решить. Поэтому подход к выбору геологической территории должна предшествовать предварительная оценка возможности и стоимости проведения подготовительных работ на перспективном участке морского дна, основная цель которых:

- очистка поверхности морского дна предполагаемого участка от посторонних предметов размером свыше 0,3—0,5 м;
- проверка наличия на исследуемой площади кабельных трасс, трубопроводов, свалок, прохождения над ней трасс пассажирского флота;
- выделение потенциально опасных участков, связанных с грязевым и газовым вулканизмом, оползневыми зонами, холмами с крутыми склонами, свалками военных времён;
- выделение и нанесение на карту подготавливаемого к исследованию участка дна (блока, выемочной единицы) препятствий с размерами по высоте и в плане, которые не могут быть устранены при очистке донной поверхности;
- определение возможных зон размещения «хвостов» и взвеси, образующейся при отработке подводного забоя (с учётом величины и направленности подводных течений в районе предполагаемого фронта горных работ);
- нанесение на карту в предполагаемых контурах месторождения (карьера) границ кондиционных участков.

Следует при этом учитывать также реальные производственно-технологические условия заводов-изготовителей, сдерживающие возможности проектировщиков, индивидуальный характер производства и отсутствие на сегодняшний день в горном машиностроении прошлого опыта и апробированных технологий изготовления, сборки и испытания оборудования пятого-шестого технологического уклада для постановки на производство такого рода проектов. Без привлечения к этим работам предприятий ВПК вряд ли можно будет обойтись.

Научно-техническое и материальное обеспечение исследований

Глубины размещения месторождений ГВОМО практически исключают возможность использования большинства технических средств разведки, используемых на шельфе [4].

Перед началом работ должна быть произведена увязка состава и параметров необходимых заборных средств для проведения исследований морского дна с палубными спуско-подъемными механизмами, аппаратурно-приборным комплексом, с системами навигации и энергообеспечения фрахтуемого научно-исследовательского судна (НИС) с задачами проводимых исследований. В процессе разработки методик должны быть рассмотрены и, при необходимости, детализированы вопросы модернизации используемого научного оборудования и аппаратурно-приборного комплекса под решаемые задачи и под возможности судовых систем.

Следует иметь в виду, что отечественная нормативно-методическая база проведения такого рода исследований отсутствует, существующая — формировалась для условий суши, в основном исходя из отраслевой принадлежности для мощных горнодобывающих комплексов со сроком эксплуатации 25—30 лет.

Объёмы предпроектной проработки (исследования, изыскания и пр.) и этапы проектирования (ТЭО, аванпроект, экспертиза, технический проект, рабочая

документация и пр.) определялись силами крупных институтов и КБ. Финансирование их услуг по разработке пакета проектной документации в объёме требований действующей нормативно-методической базы по разным оценкам составляло более 10 % стоимости инвестиционного проекта (не считая затрат на предпроектные исследования). Соответствующие средства выделялись государством. При наличии прошлого опыта эксплуатации аналогичных горных предприятий такое положение всех устраивало [4].

Рынок, выход на международное сотрудничество и изменение форм собственности требуют корректив нормативно-методической базы проектирования горных предприятий, но с учётом бюрократических проволочек и инерционности горного производства за прошедшие годы пока мало что изменилось. Это характерно для горных предприятий суши.

Что тогда можно говорить о подготовленности к проектированию морских горнообогатительных предприятий для освоения месторождений на больших глубинах моря, по которым отсутствует и прошлый опыт, и научная база, и проектные институты?

В сложившейся ситуации необходим поиск путей продолжения исследований. Основной вопрос — НИС для проведения морских экспедиционных работ, без которого проведение исследований в принципе невозможно. На сегодняшний день в Украине нет ни одного кондиционного научного судна, столь необходимого для проведения океанологических исследований. Это обстоятельство негативно отразилось как на общем уровне океанологических наук в Украине, так и на решении ряда актуальных прикладных проблем освоения природных ресурсов Азово-Черноморского бассейна, в частности ГВОМО.

Научно-экспедиционный флот НАН Украины, по сути, в настоящее время надо возрождать. Аренда зарубежных НИС в комплексе с забортным технологическим оборудованием для проведения геологоразведочных работ — слишком дорогостоящее решение проблемы и в сложившейся экономической ситуации вряд ли реально.

Не отрицая необходимости постановки перед Кабинетом Министров вопроса о строительстве собственного нового научно-исследовательского судна, на наш взгляд, в ближайшее время наиболее приемлемым путём решения этой проблемы представляется модернизация среднего траулера проекта 502 завода «Ленинская кузница». При этом характеристики базового НИС должны отвечать задачам проведения геологоразведочных работ и могут быть согласованы при разработке проекта модернизации траулера. Забортное технологическое геологоразведочное оборудование необходимо изготовить, также предварительно увязав его параметры с палубным оборудованием НИС.

Украине необходимо преодолеть технологическое отставание и разрыв в уровне развития с передовыми странами. Для этого государство должно определить свой конкретный технологический профиль, который обеспечит конкурентные преимущества на мировом рынке и, наконец, сделать реальные шаги от деклараций к обеспечению перехода на инновационный путь развития, хотя бы в рамках единичных проектов. С учётом нынешнего состояния экономики и науки это сложная задача, но её необходимо решать, прежде всего, путём государственной поддержки проектов инновационного характера, развития государственно-частного партнёрства и др. механизмов.

Решение проблемы не замыкается выбором НИС, этот процесс рациональнее начинать с малого — идти по пути создания небольшого по мощности опытного производства (карьера, полигона), создания на его базе специализированного малого предприятия (научно-исследовательского центра) и отработки в условиях опытной эксплуатации научно-методических рекомендаций, инновационных решений по техническим средствам и технологиям.

Относительно небольшие специализированные горные предприятия существенно более эффективны, чем создание крупных инновационных центров. Они позволяют вовлекать в инновационный процесс широкий круг высококвалифицированных специалистов — работников академических институтов, ВУЗов и производственников. А без участия такого круга специалистов эту проблему не решить, особенно на этапе разработки инновационного проекта — продукта исследований и разработок.

Направления исследований

Решение этой сложной проблемы должно включать следующие направления исследований.

1. Обоснование и выбор конкретного месторождения (оконтуривание залежи полезного ископаемого при его известных кондициях, оценка извлекаемых запасов, оконтуривание карьерного поля, установление на планах и геологических профилях объёмного контура подводного карьера и пригодности его в целом или частично для разработки, вероятностная точность разведочных данных и пр.).

2. Выбор в контурах подводного карьера опытного полигона (будущего участка вводимой в эксплуатацию первой очереди подводного карьера). Участок должен соответствовать по кондиционным зонам со средним содержанием ($C_{\text{орг}}=10,23\%$) и других полезных компонентов рекомендациям Института земледелия УААН. При этом следует предусмотреть постоянную (или минимальную) изменчивость мощности продуктивного слоя, минимальную вскрышу, максимально возможные в границах опытного участка вытянутые в плане формы, выдержанные по мощности фронта добычных работ.

3. Относительно постоянная степень подвижности ГВОМО, стабильность характеристик пород сложного структурного технологического слоя, придонных течений (по величине и направлению), отсутствие выхода коренных пород и непреодолимых препятствий по длине фронта, относительно благоприятные гидрогеологические и инженерно-геологические условия залегания являются критериями при разработке научно-методических рекомендаций проведения разведочных работ по выбору кондиционных участков.

4. Разработка геоэкологической модели опытного полигона, топографического плана его поверхности, составление необходимых карт морфологии морского дна, формулировку требований по обеспечению экологической безопасности региона проведения горных работ [6].

5. Предварительная оценка возможного способа и системы разработки выбранного месторождения, технического оснащения горных работ с учётом экономико-географических, горнотехнических условий и необходимых природоохранных мероприятий.

6. Оценка потерь и разубоживания сырья, расчётной максимальной нагрузки на единичный расчётный забой при принятой схеме механизации горных работ.

7. Оценка производственной мощности подводного карьера за сезон в увязке с оценкой возможности (необходимости) внутрикарьерного усреднения сырья и с расчётной эксплуатационной производительностью единичного МГП.

Исследования должны проводиться высококвалифицированными специалистами разного профиля, работающими на общую цель, а их результаты должны составить основу геолого-экономического обоснования целесообразности подготовки промышленного освоения выбранного месторождения.

Заключение

Подводя итог, можно сказать, что при освоении месторождений ГВОМО в Чёрном море проблемы есть, и они серьезные. Но решение их должно строиться на системном государственном и научном подходе. В Украине сегодня нет единой структуры, которая бы отвечала за решение рассматриваемой проблемы на уровне высшей исполнительной власти. А именно такая структура необходима и должна быть активно задействована в решении подобных проблем, чтобы не оказаться в хвосте цивилизованного процесса в развитии горного дела. Необходимо сохранить статус национальной науки в освоении богатств Мирового океана, а реально — имидж страны в освоении месторождений в морской среде и лидерство в производстве экологически чистой сельскохозяйственной продукции на основе ГВОМО.

Уже давно назрела необходимость специально рассмотреть вопросы привлечения академической и вузовской науки к решению задач, связанных с продвижением горного промысла в морские глубины, стимулирования внедрения научных разработок, учёных и научного процесса и участия Украины в мировой кооперации по решению этих проблем. С этой целью считаем целесообразным сформировать Национальную целевую комплексную программу по исследованию и промышленной эксплуатации ГВОМО в Чёрном море (инновационный проект «Сапропель»). В качестве координирующей структуры по проведению фундаментальных и прикладных исследований по указанному проекту сегодня может быть только НАН Украины.

Проект «Сапропель» в полной мере отвечает основным положениям «Общегосударственной программы развития минерально-сырьевой базы Украины на период до 2030 г.». Его реализация позволит подготовить и ввести в хозяйственное освоение новые крупные месторождения, тем самым расширит МСБ Украины, увеличит экспортный потенциал, доходы госбюджета и обеспечит сельскохозяйственную сферу народнохозяйственного комплекса на долгие годы экологически чистыми удобрениями отечественного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дегадюк Е.Г., Дегадюк С.Е., Чёрный Е.П. и др.* Агрономическая ценность сапропелевых и коколитовых илов Чёрного моря и вопросы техногенной безопасности // Геология Чёрного и Азовского морей. — К., 2000. — С. 164—174.
2. *Димитров П.С. и др.* О создании международного консорциума для разведки и добычи глубоководных органо-минеральных осадков со дна Чёрного моря // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. — 2007. — 1 — С. 52—57.
3. *Добрецов В.Б.* Освоение озерных месторождений сапропелевых илов России // Горный журнал. — 1995. — № 8. — С. 16—20.
4. *Зиборов А.П.* Инновационная направленность технического оснащения морского горного производства // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. — 2007. — № 3. — С. 97—109.

5. Косов В.И. Сапропель — уникальное полезное ископаемое // Горный журнал. — 2009. — № 6. — С. 31—33.
6. Митропольский А.Ю., Усенко В.П., Коболев В.П. Екологічні аспекти морських геолого-геофізичних досліджень // Геологічний журнал. — 1997. — № 1—2. — С. 138—143.
7. Тарасов Ю.Д., Кондратенко О.В. Энергосберегающая и экологически безопасная технология добычи и переработки сапропеля // Горное оборудование и электромеханика. — 2009. — № 7. — С. 19—25.
8. Шнюков Е.Ф., Емельянов В.А., Коболев В.П. и др. Геолого-геохимические, гидролого-гидрохимические и биологические исследования в 69-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий» в Черном море // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. — 2011. — №4. — С. 94—99.
9. Шнюков Е.Ф., Емельянов В.А., Коболев В.П. и др. Мониторинг содержания сероводорода в ресурсно-перспективных районах Черного моря // Геолого-океанологические исследования континентальной окраины Крыма и прилегающей котловины Черного моря. — К.: ОМГОР, 2012. — С. 71—86.
10. Шнюков Е.Ф., Зиборов А.П. Минеральные богатства Чёрного моря. — К., 2004. — 279 с.
11. Шнюков Е.Ф., Иноземцев Ю.И., Куковская Т.С. и др. Геолого-океанологические исследования в Чёрном море. НИС «Профессор Водяницкий» 2013 г., 73-й рейс. — К.: Логос, 2014. — 133 с.
12. Шнюков Е.Ф., Коболев В.П., Кузнецов А.С. и др. Геолого-геофизические исследования в 30-ом рейсе НИС «Владимир Паршин» в Черном море // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. — 2009. — №3. — С. 94—97.
13. Шнюков Е.Ф., Коболев В.П., Кузнецов А.С. и др. Проблемы сапропелей Черного моря — К.: ОМГОР, 2010. — 140 с.
14. Шнюков Е.Ф., Старостенко В.И., Коболев В.П. Морские геолого-геофизические исследования на Украине: реальность и перспективы // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. — 2006. — № 2. — С. 18—29.
15. Шнюков Е.Ф., Щипцов А.А., Иванников А.В. и др. Геологические исследования НИС «Киев» в Черном море (4-й рейс). — К.: ОМГОР НАН Украины, 1996. — 232 с.
16. Штин С.М. Опыт и перспективы разработки сапропеля // Горный журнал. — 1997. — № 3. — С. 21—23.
17. Щипцов О.А. Україна морська держава. — К.: Наук. думка, 1998. — 199 с.

Статья поступила 18.04.2015

Е.Ф. Шнюков, А.П. Зиборов, В.П. Коболев

ПРОБЛЕМА ОСВОЄННЯ ГЛИБОКОВОДНОЇ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ В ЧОРНОМУ МОРІ

Першочергові завдання освоєння глибоководної органо-мінеральної сировини в Чорному морі було сформульовано ще в кінці минулого століття. Для України ці родовища могли б стати невичерпним джерелом для сільського господарства, а екологічно чисті добрива на їх основі — поповнити експортний потенціал країни. У статті розглядаються питання геолого-економічного обґрунтування доцільності підготовки промислового освоєння родовищ сапропелівміщуючих мулів у важкодоступному глибоководному середовищі Чорного моря.

Ключові слова: сапропель, родовище, гірниче виробництво.

E.F. Shnyukov, A.P. Ziborov, V.P. Koboлев

PROBLEMS WITH EXPLOITING DEEPWATER ORGANIC-MINERAL RAW MATERIALS IN THE BLACK SEA

Paramount problems of exploitation of deepwater organic-mineral raw has been formulated at the end of the last century. There deposits would have become inexhaustible natural resources for the agriculture of the Ukraine, replenishing export potential of the country. It is described geol-economical grounds of expedition of sapropele-containing deposits in deepwater part of the Black sea.

Key words: sapropele, deposit, mining work.