

## ПОТЕНЦИАЛНИ ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ДОБИВ НА МЕТАЛНИ ПОЛЕЗНИ ИЗКОПАЕМИ ОТ ДЪННОТО НА ЧЕРНО МОРЕ

*Ивайло Копрев<sup>1</sup>, Милослав Кацаров<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", *ivomad@abv.bg*

<sup>2</sup> Министерство на икономиката, енергетиката и туризма, София 1000, ул. Триадица №8, *m\_katsarov@abv.bg*

**РЕЗЮМЕ.** В последните години в света са въведени в експлоатация няколко подводни находища за добив на метални полезни изкопаеми. Имайки предвид, че шелфовата зона и континенталния склон на Черно море са били обект на проучване от десетки морски геоложки експедиции с оглед оценка на твърдите полезни изкопаеми, както и тенденцията за повишаване на цената на металите то разглеждането на потенциалните възможности за добив от тези зони е актуално.

POTENTIAL FOR EXTRACTION OF THE METALS FROM BOTTOM OF BLACK SEA

*Ivaylo Koprev<sup>1</sup>, Miloslav Katsarov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, *ivomad@abv.bg*

<sup>2</sup> Ministry of Economy, energy and tourism, Sofia 1000, 8 Triaditsa str., *m\_katsarov@abv.bg*

**ABSTRACT.** In recent years in the world several undersea deposits for extraction of metals are put into operation. Considering that the shelf zone and the continental slope of the Black Sea have been subject to prospecting by dozens of marine geological expedition to assess the solid mineral resources and a tendency to raise the price of metals, so examining the potential for extraction of these areas is current.

### Въведение

През последните петдесет години в континенталната крайнина прилежаща към изключителната икономическа зона на нашата страна са извършвани редица геоморфоложки, палеогеографски, морфоструктурни изследвания, както и геолого-геохимични изследвания на дънните утайки с оглед оценка на твърдите полезни изкопаеми в тях. Направени са и множество геолого-геохимични изследвания за изясняване на нефтогазоносната перспективност, извършени са хидрофизични и хидро химични изследвания, както са и изучавани и биологичните ресурси основно в шелфовата зона.

В шелфовата зона на Българската част на Черно море се проследяват следните геотектонски единици развити и на сушата съответно от север на юг: Мизийска платформа, Долнокамчийско понижение, Източна част на Старопланински антиклинорий, Бургаски синклинорий и Средногорска нагъната зона (Минков, 1987). Дълбоководната част на Черно море, източно от шелфовата зона се отделя в тектонско отношение като Западно-Черноморска падина обхващаща континенталния склон и дълбоководната падина. Представлява крупно понижение формирано в началото на палеогена, розвито през еоцена и до днес като дълбоководен седиментен басейн запълнен предимно с теригенни и теригенно-карбонатни утайки.

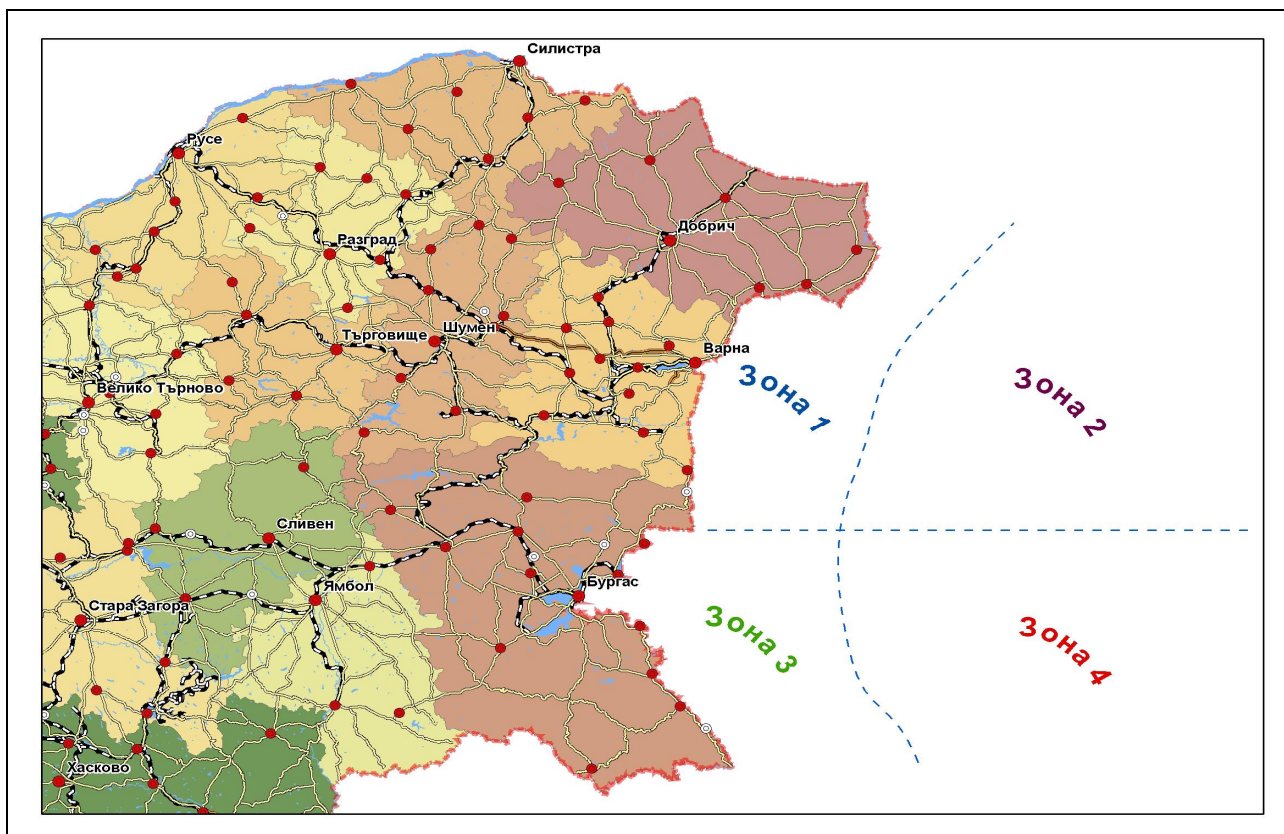
В състава на континенталната крайнина се включват крупни морфоструктурни единици: шелф, континентален склон и континентално подножие, които в съвкупност припокриват юридически понятието шелф. Посочените основни морфоложки единици ясно се открояват и в релефа на Черно море, като се има предвид тектонската му позиция и геолошко развитие.

В тази работа са представени варианти за подводен добив на метални полезни изкопаеми от дънните утайки на Черно море. Следва да се има в предвид, че са провеждани многократни морски геоложки експедиции, част от които са проведени с наши кораби – ХК-401 и Академик, по отношение на твърдите полезни изкопаеми. Извършено е проучване до дълбочина 1500-1700 m.

В настоящата статия се акцентира основно върху, оборудването необходимо при експлатирането на този вид полезни изкопаеми в близко бъдеще, като се вземе в предвид дълбочинния характер на проучената акватория.

### Минерални ресурси в морските утайки

При изучаването на морските утайки следва да се има в предвид, зависимостта на ресурсите от типа на утайките, регионалната издържаност на веществения състав и тенденции за промяна в дълбочина и площ.



Фиг.1. Прогнозна карта на разпространението на твърди полезни изкопаеми свързани с морските утайки (по Минков и др., 1987 с изменение и допълнение от авторите)

По веществен състав и произход морските утайки се обособяват в три групи (Минков, 1987):

1. Теригенни – тини, алевролити и пясъци произхождащи от сушата;
2. Биогенни – съставени от скелети и органична материя – коколитови тини, диатомови тини и сапропели;
3. Хемогенни – образувани по химичен път карбонатни, калцитни или арагонитни тини.

Най широко застъпени са утайките от първите две групи, като различните минерални ресурси показват ясна връзка с типа на утайката: твърдите полезни изкопаеми с биогенните а природния газ с теригенните.

#### Твърди полезни изкопаеми в морските утайки

От извършените до момента изследвания са регистрирани геохимични аномалии на редица микроелементи но повечето от тях не достигат концентрации удовлетворяващи промишлените изисквания за различните по тип находища разположени на сушата.

Най-голям интерес представлява поденциалната възможност за добив на молибден, уран и селен. Те са привързани към биогенните утайки и най-вече към богатите на органично вещество сапропелови тини.

#### Молибден

Концентрираният в сапропеловите тини молибден достига до 210 g/t. Съдържанието на молибден многократно превишава граничното, прието за находища на молибденит-халкопиритовата формация на сушата.

Към настоящия момент в холоценските утайки са изчислени ресурси от 230 000 t метал. Тези ресурси попадат в пределите на зона 4 и зона 2 и източната част на зона 3.

#### Уран

Уранът е с по-ниска концентрация в коколитовите тини и по висока в сапропеловите тини. Регионалните аномалии са свързани с чистите биогенни утайки. Площите на тези аномалии попадат основно в източните части на зона 2 и 4.

#### Селен

Най-високи концентрации на този елемент са установени в сапропеловите тини – средно 4,8 g/t. В съвременните утайки в т.ч. и коколитовите тини съдържанията са по-ниски – средно 1,7 g/t.

Основавайки се на корелационната зависимост на селена и железните сулфиди, чийто най големи количества са в чистите сапропелови тини, може да се допусне, че площи на максимална концентрация на селен съвпадат с тези на чистите сапропели зона 4 и източна част на зона 2.

#### Сапропеловите тини като потенциална суровина за подводен добив

Едно основните предимства на сапропеловите тини за определянето им като потенциална суровина за добив е тяхната способност да концентрират полезни микроелементи.

Освен гореизброените молибден, уран и селен в някои части на дъното на черно море са установени и повишени съдържания на ванадий до 410 g/t, мед до 200 g/t, никел

190 g/t, кобалт до 35 g/t и др. Всички те показват положителна корелация със сулфидния и органичния компонент на сапропелите. Това води до съвпадение на максималните концентрации на микроелементите както по площ така и в дълбочина.

По този начин съпропеловите тини могат да бъдат разглеждани като комплексна суровина за група микроелементи. Количеството на сапропелните тини е от порядъка на  $2 \cdot 800 \cdot 10^6$  t. Основната част от тях е разположена в зона 4 и 2 и с по ниски съдържания на органично вежество в източната част на зона три като тяхното разпространение е представено на (фиг.1).

### Избор на технология за подводен добив на твърди полезни изкопаеми от морските утайки

Последните 20 години технологията за подводен добив се разви с бързи темпове. Докато през 1990 година дълбочината на изземване на полезни изкопаеми от морското дъно е лимитирана на 300 m, то през 2010 година високотехнологичната система на "De Beers" достига край бреговете на Южна Африка дълбочина на изземване на разсипни диаманти от 2000 m. От друга страна икономическата обстановка прави възможно да се инвестира в добива на метали от голяма дълбочина. В настоящия момент подводен добив на голяма дълбочина от морското дъно се извършва край бреговете на Индонезия и Южна Африка.



Фиг.2. Земснаряд за подводен добив на ПИ от морското дъно

Технологията на добив на полезни изкопаеми от морското дъно, предполага решаването на един проблем, а именно преодоляване на голямата дълбочина, на която се намират ПИ. Класическите добивни машини достигат максимална дълбочина на гребане до 300 m (Плаващи грайферни багери).

Земснаряда използван за добив на разсипни находища има следните технически показатели:

- Дължина – 6,7 m;
- Широчина – 1,2 m;
- Височина – 2,125 m;
- Напор на комплекса помпи – над 2500 m;
- Инсталирана мощност – 200 kW;
- Ъгъл на релефа, който може да преодолява земснаряда -  $< 10^\circ$ .

Иновативното решение на проблема с преодоляване на големите дълбочини е изграждането на комплекс от смукателни помпи, който се намират на борда на кораб

Препоръчана за публикуване от Катедра "Открито разработване на полезни изкопаеми и взривни работи", МТФ

управляващ добивния апарат на морското дъно. На кораба има изградена преработваща миячно сортировъчна и флувационна инсталация, чиято цел е да сепарира добития шлам от морското дъно до метален концентрат, който в последствие се транспортира до заводи за преработка на концентрата. Стерилната маса се връща по тръбопровод обратно на морското дъно.

Seatools ROCM разработи концепция за изземване от морското дъно на утайки. Системата разрохва тините от морското дъно като използва хидравлични разрохвачи.

Полезното изкопаемо, се изпомпва като суспензия чрез гъвкави маркучи. Добива е напълно автоматизиран и изисква оператор само за наблюдение на процеса. Сензорите информират оператора за състоянието на машина и нейната ефективност, което позволява на скоростта на процеса на добив да бъдат оптимизирани. В настоящия конфигурация ROCM е в състояние да добива до максимална дълбочина 2400 m и дължина от около 450 m.

Seatools ROCM има следните предимства:

- Нисък риск при работа;
- Системата може да работи с минимален екип от трима оператори;
- Регулируема скорост на добив (обикновено  $5\text{m}^3/\text{h}$ );
- Възможност за транспорт на добития материал на дълги разстояния;
- Видео връзка показва в реално време добива.

### Заклучение

Извършения анализ на потенциалните ресурси на твърди полезни изкопаеми и възможностите за техния подводен добив, дава основание да се определят като най-перспективни дълбоководните части а именно Западно-Черноморска падина обхващаща континенталния склон и дълбоководната падина основно в зона 4 и 2. В тази част на изключителната икономическа зона на нашата страна район са ситуирани основните количества ресурси от сапропеловите тини. Тяхното извличане от морското дъно на дълбочини от порядъка на 300-1700 m, при запазване на тенденцията за увеличаване на цените на металите в световен мащаб може да се окаже икономически ефективно и конкурентно на находищата разположени на сушата при правилен подбор на добивната технология.

### Литература

Минков, М. и др., 1987. Отчет за основните резултати от изпълнение на Координационата програма за специални комплексни изследвания на шелфа на Черно море. Национален Геофонд, XV-0799, 27-41.  
Gary Mc Murtry, 2010. Deep see dredging and mining.

## АКТУАЛНИ ТЕХНОЛОГИЧНИ СХЕМИ ЗА ОБЕЗВОДНЯВАНЕ ПРИ ПОДВОДЕН ДОБИВ СЪС ЗЕМСНАРЯД

**Ивайло Копрев**

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail: [ivomad@abv.bg](mailto:ivomad@abv.bg)

**РЕЗЮМЕ.** Разгледани са най-често използваните технологични схеми на обезводняване на добитото полезно изкопаемо със земснаряд. Сравнени са технологичните схеми по фактора наличие на "отмиваемите частици" в добитите пясъци.

### ACTUAL TECHNOLOGICAL SCHEMES FOR DRYING IN UNDERWATER MINING BY DREDGE

*Ivaylo Koprev*

*University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail: [ivomad@abv.bg](mailto:ivomad@abv.bg)*

**ABSTRACT.** Examined are the most frequently used technological schemes of dehydration of minerals extracted by dredge. Compares technological schemes in the presence of factors "particulate matter" in extracted sands.

### Въведение

Технологията за добив на пясъци със земснаряд е една от най – често използваните, защото позволява гарантиране на постоянна производителност и зърнометрия на добития материал. Ключовият момент при подводния добив със земснаряд е обезводняването на добитото полезно изкопаемо. В практиката се прилагат три технологични схеми за обезводняване:

- Използване на наливно поле;
- Използване на обезводнително колело;
- Използване на хидроциклон.

Целта на обезводняването е от постъпилния "пулп" да се отдели водата, така че към трошачно – миячно пресевна инсталация да се подава материал със влажност не по - голяма от 20 %. Съгласно БДС EN 171 - 83 – Пясък за обикновен бетон и БДС EN- 2271 – 83 – Пясък за

строителни разтвори отмиваемите частици не могат да превишават 3 %.

### Технологична схема на подводен добив на пясъци със земснаряд и наливно поле

Използването на технологичната схема на подводен добив на пясъци със земснаряд и наливно поле е често срещана в близкото минало и се характеризира със своята простота. Необходимото условие е наличие на свободна площ за разполагане на две наливни полета. Технологията се заключава в наливане на добития пулп в наливно поле 1 (фиг.1) След престояване на пулпа в полето около 12 часа той се пробутва с помощта на булдозер до багера захранващ бункера на ТМСИ. За осигуряване непрекъснатост на работата наливните полета обикновено са две – когато в едното се налива от другото с захранва ТМСИ.



Фиг.1. Наливно поле при работа със земснаряд

Очевидни са няколко съществени недостатъка на схемата:

1. Наличие на допълнително оборудване (булдозер и багер) за захранване ТМСИ.

2. Невъзможност за сепариране на отмиваемите частици. Те се утаяват гравитачно т.е са най – отгоре което автоматично ги вкарва в инсталацията, а от там се компрометира качеството на добития пясък по отношение на наличие на отмиваемите частици. За да се реши проблема се налага инвестиране в сита с по голяма площ

и оросителни системи за миене с многократно по – висок дебит отколкото при другите технологични схеми.

3. Необходимост от голяма площ за създаване на минимум две наливни полета.

4. Големи загуби на добит материал от наливане и от невъзможност за пълно изгребване на полето.

Тази схема на добив се използваше в кариерите в Софийското поле до средата на 2007 г., след това бе заменена с по-съвременната схема - Земаснаряд - Обезводнително колело.

### Технологична схема на подводен добив на пясъци със земснаряд и обезводнително колело

За избягване на голяма част от недостатъците на схемата на добив на земснаряд с наливно поле се пристъпи към промяна на схемата. Използването на обезводнително колело (фиг. 2) позволява премахване на допълнителното оборудване (булдозер, багер). Не е необходима голяма площ за разполагането му. Намалява значително загубата на добит материал. Позволява сепариране на материала (-500  $\mu$ m +75 mm). Обезводнителното колело осигурява много добра синхронизация между добивната машина – земснаряд и ТМСИ. При направените лабораторни изследвания на материала след преминаване през обезводнително колело отмиваемите частици са в диапазона 7 - 10 %.



Фиг. 2. Обезводнително колело

Основният недостатък на обезводнителното колело е необходимостта от построяване на тунел (междинен склад), от които с помощта на четири питателя се подава обезводнения материал към ТМСИ. Изграждането на тунела е скъпа инвестиция, чиято цел е премахване на спомагателната техника, но при неблагоприятни геложки условия на находищата – наличие на глина и финни фракции (Кривина, Пет могили) тунела не функционира успешно самостоятелно и се налага използването на багер за захранвяне на ТМСИ.

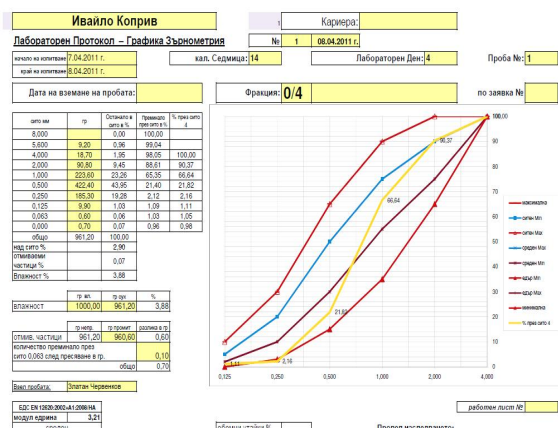
### Технологична схема на подводен добив на пясъци със земснаряд и хидроциклон

Най – съвременната технологична схема на добив на пясъци е земснаряд – хидроциклон (фиг.3). При нея се избягва наличието на скъпо съоръжение като тунела при обезводнителното колело. Постига се изключителна зърнометрия на добития и пресят материал (отмиваеми частици под 0,1 %) (фиг.4).



Фиг.3. Хидроциклон и обезводнително сито

Използването на хидроциклона позволява освен стандартния пясък (0 – 4 mm) да се извадят и нови номенклатури материал годен за направа на специализирани мазилки и др.



Фиг.4. Зърнометричен състав на материал добит по технологичната схема земснаряд – хидроциклон

Технологичната схема на добив земснаряд – хидроциклон напълно изключва спомагателна техника за захранване на инсталацията. Връзката е директна от земснаряда материала се подава направо в хидроциклон, а от там на обезводнително сито, което сепарира две фракции – „0 – 4” mm и „4 +” mm. В самия хидроциклон могат да се сепарират и няколко микронизирани фракции. По този начин се успява да се извлекат и предложат на пазара значително по скъпите микронизирани фракции на пясък.

Основния недостатък на предлаганата технологична схема на добив земснаряд – хидроциклон е, че сепарирането на фракциите „4 – 8” mm, „8 – 16” mm „16 +”

Препоръчана за публикуване от Катедра  
“Открито разработване на полезни изкопаеми и взривни работи”, МТФ

mm трябва да се извършва допълнително. Друг недостатък е, че хидроциклон ограничава производителността на земснаряда до около 250 t/h.

## Заклучение

При избора на подходяща технологична схема на добив на пясъци със земснаряд от първостепенно значение е геоложкия строеж на експлоатираното находище. При едни и същи геоложки условия най – добри технико – икономически показатели дава технологичната схема земснаряд – хидроциклон. При нея инвестицията е най – ниска, производителността е сравнително висока, а необходимия персонал е най – малко.

## Литература

- Копрев, И. 2011. Цялостен технически проект за осигуряване проводимостта на речното легло на р. Марица в участък, попадащ в имот № 000563, в землището на гр. Свиленград, област Хасково.  
Копрев, И. 2008. Годишен технически проект на находище „Кривина” за 2008 г.  
www.Linatex.com  
www.Dragflow.it