

**Ю.В. Кириченко, А.С. Каширский,  
А.Э. Адигамов, Г.С. Иващенко**

## **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КАССЕТНОГО ТРАЛА ДЛЯ КРУПНОМАСШТАБНОГО ОПРОБОВАНИЯ ГЛУБОКОВОДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВЫХ КОНКРЕЦИЙ (ЖМК)**

Рассмотрены особенности геологоразведочных работ на конкрециеносных глубоководных месторождениях. Приведены основные способы и оборудование для опробования площадей залегания ЖМК. Предложен разработанный кассетный трал для крупномасштабного опробования месторождений конкреций и приведены расчетные данные по области его применения.

Ключевые слова: железомарганцевые конкреции, опробование, глубоководные месторождения, кассетный трал, плотность залегания, эффективность геологоразведочных работ.

**Р**азведанные и перспективные запасы основных полезных ископаемых суши близки к истощению. Поэтому, начиная с 70-х годов двадцатого столетия, технически развитые страны все большее внимание уделяют месторождениям Мирового океана.

В этом контексте наибольший интерес и практическое значение имеют железомарганцевые образования морского дна (ЖМО), а также россыпные месторождения и иловые металлоносные осадки [1–4].

Железомарганцевые образования дна Мирового океана рассматриваются как минеральное сырье будущего, причем ближайшего будущего, кроме того, ЖМК являются отличным сорбентом для очистки сточных вод от ионов металлов, в металлургической промышленности и т.д.

Уже в 50–80 гг. прошлого столетия полезные ископаемые морского дна привлекли внимание специалистов многих зарубежных стран и СССР. В 1957 г. исследования показали, что в ЖМО содержатся промышленные концентрации никеля (Ni) – до 1% и кобальта (Co) – до 2%. Новый, качественный скачок в необходимости освоения твердых полезных ископаемых (ТПИ) морского дна принесло открытие рудоносных илов и рассолов, содержащих медь (Cu), цинк (Zn) и золото (Au), в глубоководных впадинах Красного моря в 1964–66 гг.

В 1974 г. фирма США «Дипси Венчурс» заявила об открытии первого месторождения ЖМК, которое имеет промышленное значение, в разломе Клариян-Клиппертон с содержанием: марганец (Mn) = 27,3%, никель (Ni) = 1,24%, медь (Cu) = 1,01%, кобальт (Co) = 0,2%.

Попытки разведки и разработки морских месторождений, предпринятые отдельными технически развитыми странами (в том числе и СССР), предопределили разработку Конвенции ООН по морскому праву, принятой в апреле 1982 г. и вступившей в действие с ноября 1994 г. По этой Конвенции все месторождения, залегающие за пределами континентального шельфа, являются общим достоянием человечества, полномочным представительным органом которого является Международный комитет по морскому дну (ISA). Однако это относится только к тем месторождениям, которые залегают вне пределов континентального шельфа, принадлежащего конкретным государствам. Конвенция определила в Мировом океане 2 региона:

- эксклюзивная экономическая зона (EEZ) – 200-мильная морская полоса вдоль побережья страны, в пределах которой это государство обладает всеми правами на разведку, добычу, хранение и распоряжение природными ресурсами и морским дном;

- международный район морского дна, деятельность в пределах которого и освоение его ресурсов является общечеловеческими и регулируется Международным комитетом (органом) по морскому дну (ISA – МОМД).

За прошедшие десятилетия за границами национальной 200-мильной экономической зоны в Мировом океане на глубинах более двух километров обнаружены миллиарды тонн железомарганцевых и миллионы сульфидных руд. В этих рудах содержится широкий спектр стратегических металлов, в том числе: марганец (Mn), медь (Cu), никель (Ni), кобальт (Co), цинк (Zn), молибден (Mo), золото (Au), серебро (Ag), платина (Pt), иттрий

(Y), висмут (Bi), редкоземельные элементы (РЗЭ), кадмий (Cd), свинец (Pb), ванадий (V) и многие другие. Они также содержат фосфориты ( $P_2O_5$ ), бариты, целитосодержащие осадки и газогидраты.

Необходимо отметить, что принадлежность выделенных МОМД (ISA) участков должна подтверждаться проведением активных и результативных геологоразведочных работ и разработкой технологии разработки и организацией опытно-промышленной добычи.

Исследования ЖМК, проведенные ВНИИОкеанологии им. И.С. Грамберга, ФГУП «ВИМС», институтом Океанологии им. П.П. Ширшова РАН и ГНЦ ФГУП «Южморгеология», свидетельствуют, что эффективность прогнозно-поисковых и разведочных работ, в первую очередь, зависят от достоверности получаемых аналитических данных, а также за счет усовершенствования системы геологических критериев и методов прогнозирования и оценки выделенных площадей, поисково-оценочных признаков, позволяющих типизировать рудные залежи и на ранних стадиях изучения определять вещественно-структурный тип рудного объекта и прогнозировать технологические свойства руд [5].

Оценочные кондиции для железомарганцевых конкреций в основном касаются плотности залегания, весовых концентраций, содержания полезных компонентов, коэффициента рудности, размеров залежей, содержаний попутных и шлакообразующих компонентов. Для этого необходимо обладать достаточным количеством и объемом проб с сопоставительными параметрами, условиями отбора и координатной привязкой.

При геологоразведочных работах как в Мировом океане, так и в территориальных водах России пробы отбирались разными способами — тралом, грейфером, коробчатым дночерпателем, бурением [6].

Можно констатировать, что весь комплекс прогнозно-поисковых, разведочных и оценочных работ по подготовке к освоению подводных залежей ЖМК должен обеспечивать получение сведений о геолого-структурных и геоморфологических условиях залегания, а также вещественного состава конкреций и их геохимических, минералогических и экогеохимических особенностях.

Применение разработанного в Московском горном институте кассетного трала (Патент РФ № 2562304 от 11.08.2015 г.), оснащенного контролирующей аппаратурой, вследствие его способности отбирать большие объемы проб с обширных площадей

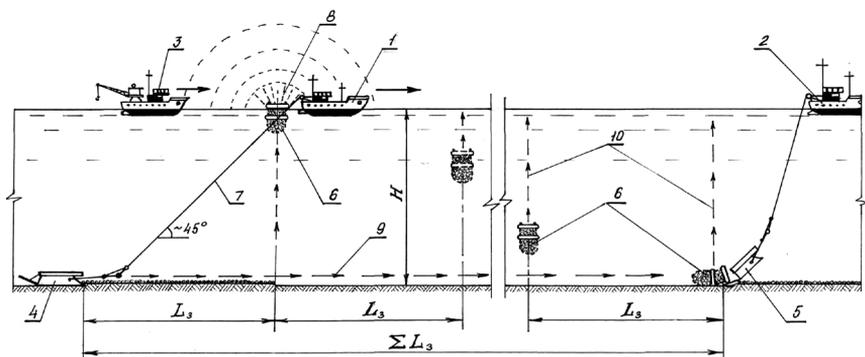


Рис. 1. Принципиальная схема использования кассетного трала при разработке или опробовании конкреционных залежей: 1 – положение буксирного судна в начале траления; 2 – положение буксирного судна в конце траления; 3 – судно-сборщик; 4 – положение кассетного трала в начале заходки; 5 – положение кассетного трала в конце заходки; 6 – сетчатые емкости; 7 – буксирный трос; 8 – сигнальное устройство; 9 – траектория движения трала; 10 – траектория движения сетчатых емкостей

способно обеспечить получение исходного материала и сведений для выполнения большинства из вышеизложенных требований (рис. 1).

Успешное опробование, как основной части геологоразведочных работ, возможно только на достоверной научно-методологической основе, которая учитывает следующие главные положения: основную цель, предмет изучения, метод познания, научные основы, оценка и прогноз геологических основ, а также методологию изучения геологической среды. Идеальный результат опробования – получение максимума информации за минимально короткое время и с наименьшей трудоемкостью [6–9].

В то же время опробование – единственный научно-обоснованный способ выявления полезного ископаемого, его качества, геохимической специализации, минерального и химического состава, зональности и внутреннего строения. По данным опробования выделяются потенциальные рудоносные участки недр, природные и технологические типы полезных ископаемых, определяется целый комплекс их разнообразных свойств и т.п.

Наибольшее распространение в практике опробования глубоководных месторождений получили следующие технологии и оборудование:

- драгирование с применением драг – волокуш, тралов и т.п. различной конструкции с целью отбора достаточно крупнообъемных проб конкреций и других образований;

- колонковый пробоотбор с применением автономных и неавтономных пробоотборников и других приспособлений для получения колонок пластичных осадков морского дна с включениями;

- дночерпатели различного типа (канатно-черпаковые, эрлифтные, с погружными землесосами, грейферные и т.д.) с целью отбора проб конкреций совместно с вмещающими породами.

Анализ апробированных на различных глубоководных месторождений методиках пробоотбора показывает, что повышение эффективности и точности геологоразведочных изысканий (в 3–4 раза) достигается лишь одновременным использованием нескольких пробоотборников. Предлагаются наиболее применимые для отбора крупнообъемных, а, следовательно, наиболее представительных проб конкреций глубоководное драгирование с использованием драг-волокуш различной конструкции (коробчатых или цилиндрических).

Целью настоящих исследований не являлось подробное описание и систематизация оборудования, применяемого для опробования глубоководных месторождений, однако для обоснования возможности и преимуществ применения кассетного трала целесообразно рассмотреть методику использования автономных пробоотборников (АП) [10].

При исследованиях залежей железомарганцевых конкреций основной задачей (как и при производстве геологоразведочных работ на континентальных месторождениях полезных ископаемых) является получение максимально возможной и достоверной информации при минимальных объемах работ и во времени близкому к одномоментному. Одним из основных условий достижения наибольшей эффективности опробования является способ маневрирования поисково-разведывательного судна (ПРС), на которое доставляются пробы. Наиболее часто применяются следующие способы маневрирования ПРС (рис. 2):

- линейный (профильный) – по наиболее перспективным профилям инженерно-геологических и разведочных исследований;

- контурный – по границам обследуемого участка с целью наибольшего охвата территории конкрециеносной площади;

- треугольный – при детальных изысканиях на присутствие конкреций, так как этот способ позволяет осуществлять первичное ориентировочное опробование на больших площадях (с условным радиусом в несколько километров).

Каждый из способов, представленных на рис. 2, имеет свои достоинства и недостатки и выбирается исходя из условий и задач

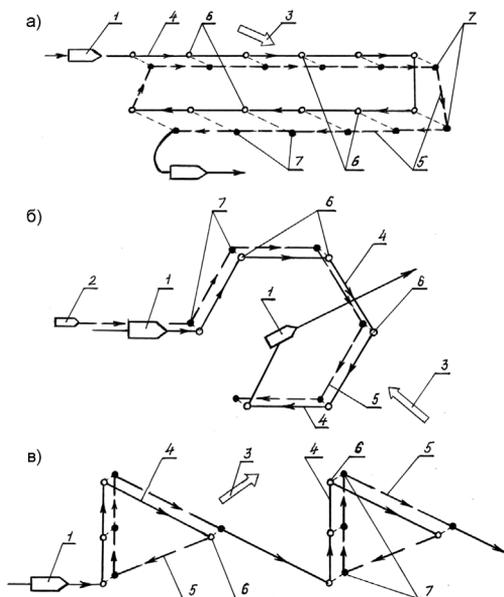


Рис. 2. Практикуемые схемы маневрирования поисково-разведывательного судна (ПРС) при донных геологоразведочных изысканиях с применением автономных пробоотборников (АП): линейный (профильный) (а); контурный (б); треугольный (в): 1 – ПРС; 2 – судно-сборщик; 3 – направление ветра (дрейф); 4 – курс ПРС при сбросе АП; 5 – курс ПРС (судна-сборщика) при сбросе АП; 6 – точки спуска АП; 7 – точки сбора всплывших АП с пробами

геологических изысканий, но все они негативно отличаются значительным увеличением материальных, финансовых и трудовых затрат при даже незначительном увеличении объема проб.

При планировании возможности и масштабы применения кассетного трала необходимо учитывать ряд природных и технологических факторов. К природным факторам, в первую очередь, относятся глубина и плотность залегания ЖМК, их грансостав, рельеф дна, состав и свойства вмещающих пород и глубина погружения в них конкреций, а также погодные условия; к технологическим – производительность комплекса, которая в свою очередь определяется рядом параметров:

- количеством сетчатых емкостей в кассете;
- грузоподъемностью емкости ( $Q$ );
- шириной заходки (захвата) трала ( $A_3$ );
- скоростью траления ( $v$ ).

Если ширина заходки определяется типоразмером ковша кассетного трала и остается неизменной в процессе разведоч-

ных и добычных работ, то количество сетчатых емкостей в касете может меняться в зависимости от поставленной задачи [11].

Скорость траления позволяет в широких пределах влиять на общую производительность комплекса в зависимости от других технологических параметров или поддерживать заданную производительность при различной плотности залегания ( $q_{\text{зал}}$ ) конкреций.

При определении параметров касетного трала и расчетах его технологических возможностей учитывались многолетний зарубежный и отечественный опыт морских геологоразведочных и горно-разведочных работ попыток разработки ЖМК в Мировом океане, разведочные данные конкрециеносных площадей как в международных, так и в российских водах, а также опыт разработки континентальных месторождений раздельно-зернистых горных пород и экскавации разрыхленных твердых пород.

Например, железомарганцевые конкреции российского разведочного участка Кларион-Клиппертон залегают на глубинах до 4800 м в один слой на донных осадках. Диаметр конкреций  $2 \div 12$  см, средняя плотность залегания  $14,7 \text{ кг/м}^2$  (от  $12,0$  до  $20,8 \text{ кг/м}^2$  во влажном виде и от  $9,4$  до  $14,2 \text{ кг/м}^2$  в сухом), ориентировочная площадь месторождения —  $30\,000 \text{ км}^2$  (3 млн га).

На месторождениях ЖМК в шельфовой зоне Российской Арктики плотность залегания от  $0,1 \text{ кг/м}^2$  до  $50 \text{ кг/м}^2$ , глубина до  $120\text{--}150$  м (редко до  $200\text{--}300$  м). В Черном и Каспийском морях, а также на Балтике плотность залегания конкреций в среднем составляет  $2,5 \text{ кг/м}^2$  на глубинах от первых десятков метров до  $135\text{--}180$  м.

Необходимо подчеркнуть, что дальнейшие расчеты произведены, исходя из плотности залегания конкреций во влажном виде и грузоподъемности сетчатых емкостей на воздухе.

Опыт драгирования волокушами при проведении морских геологических исследований показывает, что наилучшие результаты показывали коробчатые драги-волокуши, оснащенные рабочей доской длиной от  $0,5$  до  $2,0$  м (ширина захвата) со средней скоростью перемещения ковша  $1,8$  м/с. Исходя из этого при определении параметров касетного трала задавались следующие условия:

- ширина захвата (заходки)  $A_3 = 1,0$  м;  $1,5$  м;  $2,0$  м;  $2,5$  м;
- количество сетчатых емкостей в касете принималось равным  $n = 12$  шт.; такое количество является оптимальным с точки зрения технологичности изготовления и эксплуатации — дли-

на трала в пределах 6,0–8,0 м с учетом качающейся плиты при достаточной общей производительности комплекса;

- грузоподъемность одной сетчатой емкости  $Q = 400$  кг; 500 кг; 750 кг, которая определяется глубиной разработки и типом используемого газа; здесь также необходимо учитывать задачи использования комплекса;

- плотность залегания конкреций  $q_{\text{зал}} = 2,0$  кг/м<sup>2</sup>; 5,0 кг/м<sup>2</sup>; 10,0 кг/м<sup>2</sup>; 15,0 кг/м<sup>2</sup>; 20,0 кг/м<sup>2</sup>; 30,0 кг/м<sup>2</sup>. При этом при расчетах учитывались определенные допущения – при расчетах грузоподъемности в плотности залегания включалась доля вмещающих и подстилающих конкреции донных илистых отложений, которые могут достигать при заборе 5–15% от общего веса поступающих в сетчатую емкость пород;

- общая производительность трала при выработке всей кассеты (12 шт.)  $Q_0 = 4,8$  т; 6,0 т; 9,0 т конкреций во влажном виде на воздухе;

- скорость движения (буксировки) кассетного трала  $v = 0,5$  м/с; 0,75 м/с; 1,0 м/с; 1,5 м/с; 2,0 м/с (1,8 км/ч; 2,7 км/ч; 3,6 км/ч; 5,4 км/ч; 7,2 км/ч).

По результатам расчетов были получены графики  $L_3 = f(q_{\text{зал}}, A_3, Q)$  и  $\Sigma L_3 = f(q_{\text{зал}}, Q, A_3, n)$  при  $n = 12$  кассет, часть из которых приведена на рис. 2. Эти зависимости позволяют определять целесообразность применения различных типоразмеров кассетных тралов применительно к условиям залегания ЖМК.

Также были произведены расчеты времени заполнения одной сетчатой емкости  $t$  трала и использования трала в общем  $T$  и получены зависимости  $t = f(v, Q, A_3)$  и  $T = f(v, Q, A_3)$  при заданных оптимальных значениях  $q_{\text{зал}} = 15$  кг/м<sup>2</sup> и  $n = 12$  шт, которые позволяют планировать проведение опробовочных работ с различными типоразмерами кассетных тралов (рис. 3).

Полученные зависимости позволили разработать методику определения плотности залегания конкреций через время заполнения емкости. С этой целью задавались наиболее оптимальные параметры кассетного трала и скорости драгирования, позволяющие опробовать максимальные площади с достаточной точностью.

Расчеты производились при следующих условиях: ширина захвата (заходки)  $A_3 = 1,0$  м; 1,5 м; 2,0 м; количество сетчатых емкостей  $n = 12$  шт; грузоподъемность одной емкости  $Q = 400$  кг; 500 кг; скорость драгирования  $v = 1,0$  м/с (3,6 км/ч); коэффициент разубоженности  $\eta = 1,1$ .

Одним из важнейших показателей эффективности геолого-разведочных работ является площадь опробования. Применение

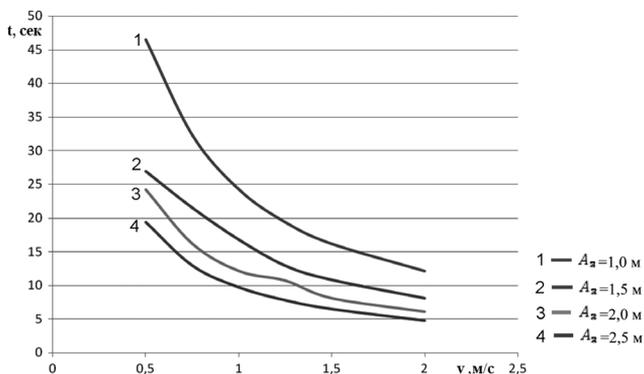


Рис. 3. График зависимости времени заполнения емкости от скорости движения трала и ширины заходки ( $Q = 400$  кг)

для этих целей кассетного трала позволяет значительно повысить точность получаемых данных о конкрециенности разведанного участка вследствие непрерывности опробования на всей протяженности разведочных линий. Кроме того, разработанная методика определения плотности залегания ЖМК через время заполнения всплывающих емкостей позволяет гибко реагировать на изменение природных условий участка геологоразведочных работ.

Сравним эффективность использования кассетного трала при опробовании конкрециенных залежей по сравнению с автономными пробоотборниками, дночерпателем ДГ-1,5 конструкции «Севморгео», коробчатым пробоотборником КП-0,15-1,5 и драгой-волокушей при различных схемах маневрирования ПРС (линейном, контурном, треугольном). Примем следующие условия, отвечающие техническим характеристикам применяемого оборудования:

- при линейном способе сбрасывается 12 пробоотборника, при контурном — 7 АП, при треугольном — 4;
- драгу-волокушу, дночерпатель, коробчатый пробоотборник и кассетный трал заводят в забой такое же количество раз;
- площади обследуемых участков равны  $S$ ;
- площади опробования: АП-6000 —  $0,3$  м<sup>2</sup>; ДГ-1,5 —  $1,5$  м<sup>2</sup>; КП-0,15-1,5 —  $0,16$  м<sup>2</sup>;
- грузоподъемность драги-волокуши принимается по верхнему пределу среднефактической —  $450$  кг;
- коэффициент разубоживания илами для драги-волокуши и кассетного трала равен  $1,1$ ;

Таблица 1

Показатели		Плотность залегания $q_{\text{зал}}$ , кг/м <sup>2</sup>					
		2,0	5,0	10,0	15,0	20,0	30,0
Площадь опробования, м <sup>2</sup>	драга-волокуша	205	82	41	27	20,5	14
	кассетный трал	2727	1090	546	364	273	182
Представительность опробования, м <sup>2</sup> /км <sup>2</sup> ·10 <sup>-3</sup>	драга-волокуша	0,21	0,08	0,04	0,03	0,02	0,01
	кассетный трал	2,73	1,1	0,55	0,36	0,27	0,18

• кассетный трал принимается с минимальными техническими характеристиками:  $A_3 = 1,0$  м;  $Q = 500$  кг.

Расчеты сравнительной эффективности одной заходки кассетного трала и драги-волокуши, а также представительности опробования в виде относительной величины, равной отношению 1 м<sup>2</sup> опробования к 1 км<sup>2</sup> опробоваемой залежи, представлены в табл. 1.

Результаты подобных расчетов применительно к различным схемам опробования даны в табл. 2.

Применительно к дночерпателю и пробоотборникам обоих типов эта величина не зависит от плотности залегания и составит соответственно:

а) линейный способ: АП-6000 –  $3,6 \cdot 10^{-6}$ ; ДГ-1,5 –  $18,0 \cdot 10^{-6}$ ; КП-0,15-1,5 –  $1,92 \cdot 10^{-6}$ ;

б) контурный способ: АП-6000 –  $2,1 \cdot 10^{-6}$ ; ДГ-1,5 –  $10,5 \cdot 10^{-6}$ ; КП-0,15-1,5 –  $11,2 \cdot 10^{-6}$ ;

в) треугольный способ: АП-6000 –  $1,2 \cdot 10^{-6}$ ; ДГ-1,5 –  $6,0 \cdot 10^{-6}$ ; КП-0,15-1,5 –  $0,64 \cdot 10^{-6}$ .

Построенные по результатам расчетов зависимости приведены на рис. 4.

Таблица 2

Представительность опробования, м <sup>2</sup> /км <sup>2</sup> ·10 <sup>-3</sup>		Плотность залегания $q_{\text{зал}}$ , кг/м <sup>2</sup>					
		2,0	5,0	10,0	15,0	20,0	30,0
Линейный способ	драга-волокуша	2,52	0,96	0,48	0,36	0,24	0,12
	кассетный трал	32,76	13,2	6,6	4,32	3,24	2,16
Контурный способ	драга-волокуша	1,47	0,56	0,28	0,21	0,14	0,07
	кассетный трал	19,11	7,7	3,85	2,52	1,89	1,26
Треугольный способ	драга-волокуша	0,84	0,32	0,16	0,12	0,08	0,04
	кассетный трал	10,92	4,4	2,2	1,44	1,08	0,72

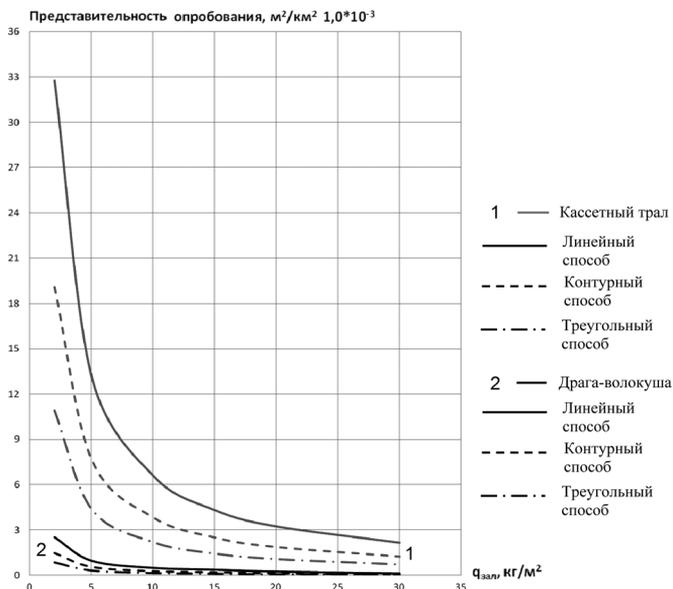


Рис. 4. Зависимости эффективности опробования конкреционных залежей различной плотности

На рис. 4 не приведены зависимости для дночерпателя и пробоотборников вследствие весьма малых значений, которые невозможно отобразить графически.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод об эффективности использования кассетного трала при геологоразведочных и горнопромышленных работах на конкреционных месторождения морского дна. Конструкция кассетного трала, результаты расчетов его параметров позволяют повысить полноту и точность опробования и гибко реагировать на изменение природных условий с целью принятия управляющих решений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козловский Е. А. Россия: минерально-сырьевая политика и национальная безопасность. — М.: Изд-во МГУ, 2002. — 856 с.
2. Минеральные ресурсы Мирового океана: концепция изучения и освоения (на период до 2020 г.) / Гл. ред. С. И. Андреев. — СПб.: ВНИИ Океангеология, 2007. — 97 с.
3. Кириченко Ю. В., Шекина М. В. Освоение ресурсов Мирового океана — основа национальной безопасности России (современное состояние и пути рения)./ Сборник докладов VI съезда гидромеханизаторов России. — М.: Изд-во ООО «Центр инновационных технологий», 2012. — С. 101–110.

4. Гальперин А. М., Кириченко Ю. В., Каширский А. С. и др. Оценка возможности вовлечения железомарганцевых месторождений морского дна в разработку. Ч. 1. Минерально-сырьевые ресурсы Мирового океана // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – № 5. – С. 134–142.

5. Геология и минеральные ресурсы Мирового океана / Под ред. Г. Димова, Я. Малиновски, И. Бергии, И. Грамберга, В. Зыки. – Ин-терморгео, Варшава, 1990. – 756 с.

6. Методические рекомендации по технологии геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые в Мировом океане (железо-марганцевые образования, глубоководные полиметаллические сульфиды, донные осадки). Книга 3. Контактные методы исследований. – М.: ТАОЗТ «Океангеоресурсы», 2001.

7. Жуков Р. Ф., Кондратович А. А., Могильный С. Д. и др. Системы, приборы и устройства подводного поиска. – М.: Воениздат, 1972. – 182 с.

8. Самоходные необитаемые подводные аппараты / Под ред. И. М. Иконникова. – Л.: Судостроение, 1986. – 264 с.

9. Бондаренко Н. Г. Образование, строение и разведка россыпей. – М.: Недра, 1975. – 56 с.

10. Богданов А. В., Добрецов В. Б. Повышение достоверности крупно-объемного опробования морских россыпей. – М.: ВИНТИ, 1976. – 18 с.

11. Кириченко Ю. В., Каширский А. С. и др. Способ добычи железомарганцевых конкреций из илистых донных отложений и устройство для его осуществления. Патент РФ на изобретение № 2562304 от 11.08.2015. **ПАТ**

#### КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Кириченко Юрий Васильевич*<sup>1</sup> – доктор технических наук, профессор,

*Каширский Алексей Сергеевич* – горный инженер,

советник НП «Горнопромышленники России»,

*Адигамов Аркадий Энгелевич* – кандидат технических наук, доцент,

ИБО НИТУ «МИСиС»,

*Ивашченко Григорий Сергеевич*<sup>1</sup> – студент,

<sup>1</sup> МГУ НИТУ «МИСиС».

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2017. No. 5, pp. 41–53.

UDC 341.225:  
553.319

**Yu.V. Kirichenko, A.S. Kashirskiy, A.E. Adigamov, G.S. Ivashchenko**  
**APPLICABILITY OF BOTTOM TRAWL**  
**TO LARGE-SCALE SAMPLING OF DEEP-SEA**  
**FERRO-MANGANESE NODULES**

Features of geological exploration of deep-sea nodule fields are discussed. The basic methods and equipment for sampling ferro-manganese nodules are described. The article puts forward a bottom trawl designed for the large-scale sampling of nodule fields and presents calculated data for application domain of the trawl.

Ferromanganese formations of the bottom of the oceans are considered as mineral raw materials of the future, and near future, in addition, IMC are excellent sorbent for wastewater treatment from ions of metals in the metallurgical industry, etc. When planning the possibility and magnitude of cluster trailing you must consider a number of natural and technological

factors. To the natural factors, in the first place, are the depth and density of occurrence of IMC, their granulometric composition, bottom topography, composition and properties of the host rocks and the depth of immersion in these nodules, and weather conditions; to technological – productivity of the complex. In studies of deposits of ferromanganese nodules the main objective (as with the production of geological exploration on the continental mineral deposits) is to obtain the most possible and accurate information with a minimal amount of work and time is close to instantaneous.

Key words: ferro-manganese nodules, sampling, deep-sea mineral deposits, bottom trawl, occurrence density, geological exploration efficiency.

## AUTHORS

*Kirichenko Yu. V.*<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor, *Kashirskiy A. S.*, Mining Engineer, Advisor of Non-commercial partnership «Miners of Russia», *Adigamov A. E.*, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Institute of Basic Education, National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia, *Ivashchenko G. S.*<sup>1</sup>, Student,

<sup>1</sup> Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia, e-mail: ud@msmu.ru.

## REFERENCES

1. Kozlovskiy E. A. *Rossiya: mineral'no-syr'evaya politika i natsional'naya bezopasnost'* (Russia: Mineral resource policy and national security), Moscow, Izd-vo MGGU, 2002, 856 p.
2. *Mineral'nye resursy Mirovogo okeana: kontseptsiya izucheniya i osvoeniya (na period do 2020 g.)*. Pod red. S. I. Andreeva (Mineral resources of the World Ocean: Concept of study and development (for the period to 2020)). Andreev S. I. (Ed.), Saint-Petersburg, VNIIOkeangeologiya, 2007, 97 p.
3. Kirichenko Yu. V., Shchekina M. V. *Sbornik dokladov VI s"ezda gidromekhanizatorov Rossii* (Proceedings of VI Conference of Hydromechanization Specialists of Russia), Moscow, Izd-vo OOO «Tsentr innovatsionnykh tekhnologiy», 2012, pp. 101–110.
4. Gal'perin A. M., Kirichenko Yu. V., Kashirskiy A. S. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2014, no 5, pp. 134–142.
5. *Geologiya i mineral'nye resursy Mirovogo okeana*. Pod red. G. Dimova, Ya. Malinovski, I. Bergii, I. Gramberga, V. Zyki (Geology and mineral resources of the World Ocean. Dimov G., Malinovski Ya., Bergiya I., Gramberg I., Zyka V. (Eds.)), Intermergeo, Varshava, 1990, 756 p.
6. *Metodicheskie rekomendatsii po tekhnologii geologorazvedochnykh rabot na tverdye poleznye iskopaemye v Mirovom okeane (zhelezomargantsevye obrazovaniya, glubokovodnye polimetallicheskie sulfidy, donnye osadki)*. Kniga 3. Kontaktnye metody issledovaniya (Guidelines on exploration technology for hard minerals of the World Ocean (ferro-manganese nodules, deep-sea polymetallic sulfides, bottom sediments). Book 3. Contact research methods), Moscow, TAOZT «Okeangeoresursy», 2001.
7. Zhukov R. F., Kondratovich A. A., Mogil'nyy S. D. *Sistemy, pribory i ustroystva podvodnogo poiska* (Systems, instruments and plants for underwater search), Moscow, Voenizdat, 1972, 182 p.
8. *Samokhodnye neobitaemye podvodnye apparaty*. Pod red. I. M. Ikonnikova (Self-propelled unmanned underwater vehicles. Ikonnikov I. M. (Ed.)), Leningrad, Sudostroenie, 1986, 264 p.
9. Bondarenko N. G. *Obrazovanie, stroenie i razvedka rossypey* (Formation, structure and exploration of placers), Moscow, Nedra, 1975, 56 p.
10. Bogdanov A. V., Dobretsov V. B. *Povyshenie dostovernosti krupnoob"emnogo oprobovaniya morskikh rossypey* (Improvement in reliability of large-scale sampling of offshore placers), Moscow, VINITI, 1976, 18 p.
11. Kirichenko Yu. V., Kashirskiy A. S. *Patent RU 2562304*, 11.08.2015.