

## НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОСВОЕНИЯ ШЕЛЬФОВЫХ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

**В.Е. Кисляков, О.А. Корзун, Д.А. Лакин**

*Институт горного дела, геологии и геотехнологий СФУ, 660025, Красноярск, просп. Красноярский рабочий, 95, Россия*

Рассматриваются проблемы, имеющие большое значение для освоения арктических шельфовых месторождений. Описывается технологическая схема с использованием хладагента, которая предназначена для работы в условиях отрицательных температур и разработана специально для освоения шельфовых месторождений в зимний период. Исследуется явление отрицательной гидравлической крупности.

*Шельфовые месторождения, технология добычных работ, применение хладагента, гидравлическая крупность.*

### SHELF PLACER DEPOSITS: A NEW TECHNOLOGY FOR WINTER MINING

**V.E. Kislyakov, O.A. Korzun, and D.A. Lakin**

The paper concerns urgent problems of resources development in the Arctic shelf. A specially designed technology with the use of a coolant is suggested for winter mining at shelf deposits. The idea of the new technology stems from the concept of negative settling velocity of buoyant particles, which has been investigated in laboratory tests.

*Arctic shelf deposits, mining technology, cooling agent, negative settling velocity*

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время все более актуальными становятся проблемы освоения минеральных ресурсов Крайнего Севера и арктического континентального шельфа. Об этом свидетельствуют поправки в законе «О шельфе»: шельфовые месторождения будут распределяться без конкурса, волевым решением Правительства для того, чтобы рациональным образом использовать эти национальные богатства [<http://www.1tv.ru>].

В освоении минеральных ресурсов шельфа мы отстаем от зарубежных стран, но уже выполненные работы свидетельствуют о высокой перспективности арктического шельфа РФ на полезные ископаемые. Так, на Земле Франца-Иосифа найдены и добываются каменный и бурый угли. Уголь обнаружен также на Новосибирских островах, о. Бегичева, небольших островах Карского моря, в море Лаптевых. Россыпи олова залегают на евразийском шельфе Северного Ледовитого океана и северо-западном шельфе Берингова моря. Здесь же известны россыпные месторождения титановых минералов (ильменит, рутил), циркона, магнетита, титаномагнетита, граната. Шельф Белого моря обладает россыпями алмазов. Шельфовая зона Карского моря перспективна для обнаружения россыпей золота, титаноциркониевых минералов, алмазов, янтаря и железомарганцевых конкреций. Проявления золота обнаружены на Северной Земле. Установлена алмазоносность юго-западной части моря Лаптевых. Восточно-Арктическая шельфовая область имеет разведанные месторождения олова и золота. Прогнозные запасы золота обнаружены на шельфе Восточно-Сибирского и Чукотского морей.

Освоение минеральных ресурсов арктического шельфа и, в частности, их разработка находятся практически в начальной стадии и при создании специальной техники и технологии для производства масштабных добычных и обогатительных работ в чрезвычайно сложных природных условиях необходимо учитывать их влияние на режим горных работ [Добрецов и др., 1999; Природные ресурсы].

Ледовый массив более 300 дней в году покрывает акваторию морей Арктики, что делает ее, по существу, сплошным ледяным полем. В течение семи месяцев (с сентября по март) происходит нарастание льдов, а остальные пять (с апреля по август) — таяние и разрушение. Отсюда следует вывод о малой результативности осуществления добычных работ с плавсредств поверхностного расположения при освоении минеральных ресурсов арктического шельфа.

В том случае, если месторождение осушается, то его разработку осуществляют открытым либо подземным способом. В том случае, когда разработка обводненных, прибрежных и акваториальных мес-

торождений по горно-техническим условиям проводится без осушения, необходимы подводные горные работы.

Месторождения могут разрабатываться сезонно, с продлением сезона добычных работ или круглогодично. В данном случае размещение добычного оборудования осуществляют под водой, над водой, либо в прибрежной зоне в летних условиях, а подо льдом в зимнее время.

При размещении добычного оборудования над водой, т.е. на льду в районах с суровым климатом конструкции оборудования и аппаратуры должны быть морозостойкими, герметичными, устойчивыми при сильных ветрах и обледенении, автономными, хорошо видимыми (в тумане, при метелях, полярной ночью, при интенсивной солнечной радиации) и надежными в эксплуатации при пониженном давлении и большой влажности.

При разработке твердых полезных ископаемых шельфа, в основном россыпных месторождений, сброс хвостов обогащения за борт при обогащении материала россыпи на установках, смонтированных на добычном судне (поточный дампинг), или при разгрузке самоотвозных барж с хвостами обогащения вне контура подводного карьера (циклический дампинг) наносит наибольший урон экологии моря.

### ПРЕДЛАГАЕМАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОСВОЕНИЯ ШЕЛЬФОВЫХ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

В настоящее время опыт практического освоения минеральных ресурсов арктического шельфа весьма незначителен. Известно, что с 1986 г. разработка россыпей золота осуществляется с использованием драги на шельфе Берингового моря (Ном, штат Аляска) на глубинах от 9 до 12 м. В среднем из каждого кубометра песков намывалось 182 мг золота. На Аляске в устье р. Юкон американскими компаниями производится достаточно интенсивная разработка золотоносной россыпи подводной драгой, смонтированной на дизельной подводной лодке. Такая драга может находиться в подводном забое не более 3—4 сут с ограниченными запасами энергии.

В связи с этим необходимы такие технологии производства добычных работ, которые позволяли бы осуществлять разработку горных пород с континентального шельфа с минимальными экономическими затратами и наименьшим экологическим ущербом водоемов.

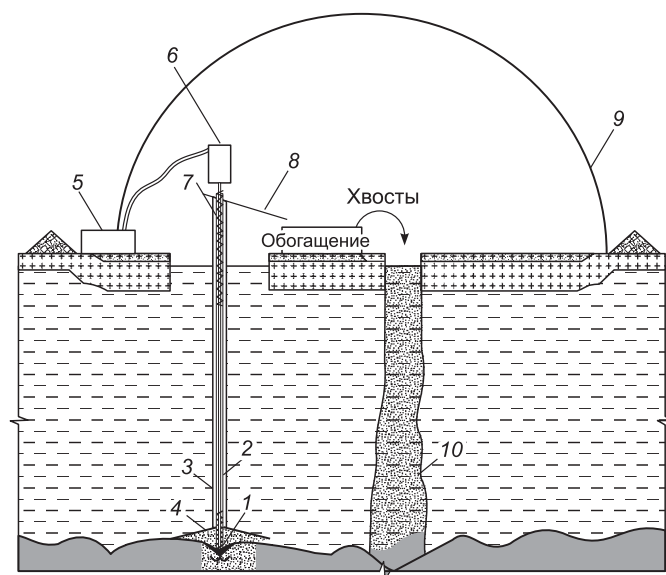
Предлагаемая технология может использоваться для добычи полезного ископаемого на россыпных месторождениях золота и олова. Особенность технологии в том, что снижаются затраты на транспортирование горной породы со дна шельфа при использовании хладагента, снижается экологический ущерб окружающей среде от добычных работ при наличии оградительного экрана, предотвращается оледенение использованного оборудования за счет сооружения ледяного купола.

В подводный забой подается хладагент, под действием которого на частицы россыпи намораживается лед, частица находится в забое до тех пор, пока масса льда, намороженного на нее, не будет достаточной для того, чтобы под действием выталкивающей силы и разности плотностей грунтоледяного тела и воды, транспортировать его на поверхность.

Данная технология (рис. 1) осуществляется следующим образом: после приведения добычного комплекса в рабочее состояние, происходит забуривание трубы шнека в грунт, затем по этой трубе подается хладагент. Хладагент взвешивает частицы россыпи в воде, и под воздействием отрицательной температуры происходит намерзание льда на частицу до появления отрицательной гидравлической крупности. Под отрицательной гидравлической крупностью понимается скорость поднятия частиц грунта в спокойной воде.

Всплыв на поверхность, грунтоледяное тело транспортируется с помощью доставочного шнека на стол для подсушки. После чего

Всплыв на поверхность, грунтоледяное тело транспортируется с помощью доставочного шнека на стол для подсушки. После чего



**Рис. 1. Технологическая схема с использованием хладагента.**

1 — труба-шнек для подачи хладагента; 2 — транспортная труба; 3 — теплоизолирующая труба; 4 — уловительный воротник; 5 — компрессор для подачи хладагента; 6 — дизельный двигатель; 7 — доставочный шнек; 8 — стол для подсушки; 9 — ледяной купол; 10 — экран.

на поверхности происходит гравитационное обогащение добытой горной массы. Хвосты обогащения транспортируются в выработанное пространство, которое защищено от акватории защитным кожухом, для предотвращения загрязнения воды.

Зная необходимую минимальную массу льда для получения отрицательной гидравлической крупности частиц грунта, можно управлять процессом всплытия частиц с помощью предварительного рыхления донных отложений до определенных размеров частиц.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Идея предлагаемой технологии основывается на законах движения твердых тел в жидкости. На движущееся тело в жидкости действуют три силы: сила тяжести —  $F_T$ , выталкивающая архимедова сила  $F_B$  и сила сопротивления  $F_C$ . Силу тяжести и выталкивающую силу можно определить через объем тела (за тело условно принимается частица круглой формы), плотность тела и плотность  $\rho$  жидкости:

$$F_T = 4r^3g/3, \quad F_B = 4r^3\rho g/3, \quad F_C = 6rv,$$

где  $r$  — радиус частицы, м;  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $\rho$  — плотность жидкости, в которой движется частица, кг/м<sup>3</sup> [Движение..., ].

Следовательно, по теоретическим расчетам скорость поднятия частиц (отрицательная гидравлическая крупность) принимается:

$$v < \frac{2r^2g(\rho-1)}{9}.$$

Для частицы, крупность которой 6.5 мм,  $v < 0.023$  м/с.

В лабораторных условиях был произведен опыт, в котором определение отрицательной гидравлической крупности частиц грунта заключалось в определении необходимой массы льда, для поднятия 1 г частицы породы разной крупности и плотности.

Предварительно замороженные грунтоледяные тела помещались в искусственно сооруженный водоем для определения отрицательной гидравлической крупности грунтоледяных тел. Частицы были заморожены таким образом, что количество намерзшего на частицу льда всегда оставалось неизменным, а масса самой частицы в каждом последующем образце повышалась на 0.02 г.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

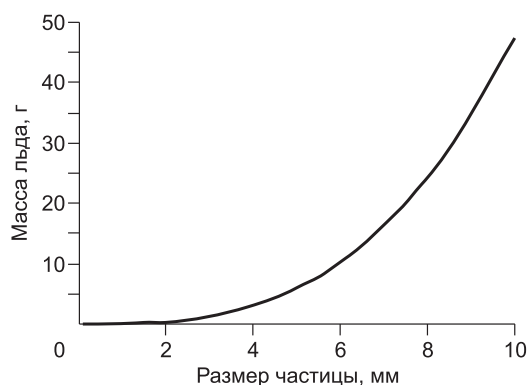
В ходе работы исследовалось явление отрицательной гидравлической крупности тел и подъемной способности льда, намораживаемого на частицу.

Отрицательная гидравлическая крупность зависит от формы, крупности, плотности частиц. Быстрее всего поднимаются на поверхность легкие частицы округлой формы с наименьшей крупностью.

По результатам эксперимента было выявлено, что частица крупностью 6.5 мм (массой 1 г) с наросшим на нее льдом (массой 13 г) имеет гидравлическую крупность 0.033 м/с.

Все экспериментальные данные обрабатывались, и в дальнейшем на их основе была создана математическая модель, способная рассчитывать необходимую массу льда для частиц породы любой плотности и крупности. В результате получена зависимость необходимой массы льда от размера транспортируемых на поверхность частиц горной породы (рис. 2):

**Рис. 2. Зависимость необходимой массы льда, транспортирующего на поверхность частицы данной крупности.**



$$y = 0.717x^2 - 2.836x + 2.157,$$

где  $y$  — масса наростшего льда на частицу, необходимая для создания отрицательной гидравлической крупности, г;  $x$  — крупность частиц, мм.

Представленная технологическая схема с применением хладагента является более выгодной в плане эксплуатации в условиях отрицательных температур по сравнению с ранее существовавшими схемами освоения месторождений в зимний период.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Актуальность проблемы освоения минеральных ресурсов шельфовых месторождений в зимний период для нашей страны очевидна.

Практика разработки полезных ископаемых на материке выявила со всей очевидностью экологическую несостоятельность большинства применяемых методов и технологических схем добычи и переработки полезных ископаемых, практически полное отсутствие технологий, предусматривающих комплексное использование минерального сырья, что по современным меркам недопустимо.

Таким образом, ускорение работ по разведке полезных ископаемых шельфовых месторождений, целенаправленное осуществление комплекса мероприятий по созданию рациональных техники и технологии подводных горных работ, в первую очередь, для месторождений шельфовых месторождений нашей страны, при безусловном выполнении требований экологии, становится настоящей необходимостью.

### ЛИТЕРАТУРА

<http://www.1tv.ru>.

**Природные ресурсы.** <http://arctictoday.ru/region/resources/200000052>.

**Добрецов В.Б., Воробьев О.Г., Маковский А.Н.** Проблемы и перспективы освоения месторождений полезных ископаемых арктического шельфа. Северодвинск, ГРЦАС, 1999, 122 с.

**Движение твердого тела в жидкости.** <http://www.allbest.ru>.

*Поступила в редакцию  
19 июня 2009 г.*