

## ПРИМЕНЕНИЕ СКВАЖИННОЙ ГИДРОДОБЫЧИ ЗОЛОТА НА РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ МОНГОЛИИ

Так сложилось, что золотодобывающая промышленность Монголии занимает важное место в экономике страны. В настоящее время месторождения россыпного золота с незначительными глубинами залегания практически выработаны, а новые месторождения еще не открыты. Наиболее значительная часть запасов россыпного золота по данным 2018 г. на территории Монголии сосредоточена в недрах глубокозалегающих и древних погребенных россыпей.



В стране прогнозные ресурсы золота в россыпях оцениваются сотнями тонн. Разработка большинства из них находится на грани рентабельности из-за глубокого залегания и малой мощности продуктивных слоев, неблагоприятной энергетической ситуации и малоразвитой инфраструктуры в местах разработки месторождений.

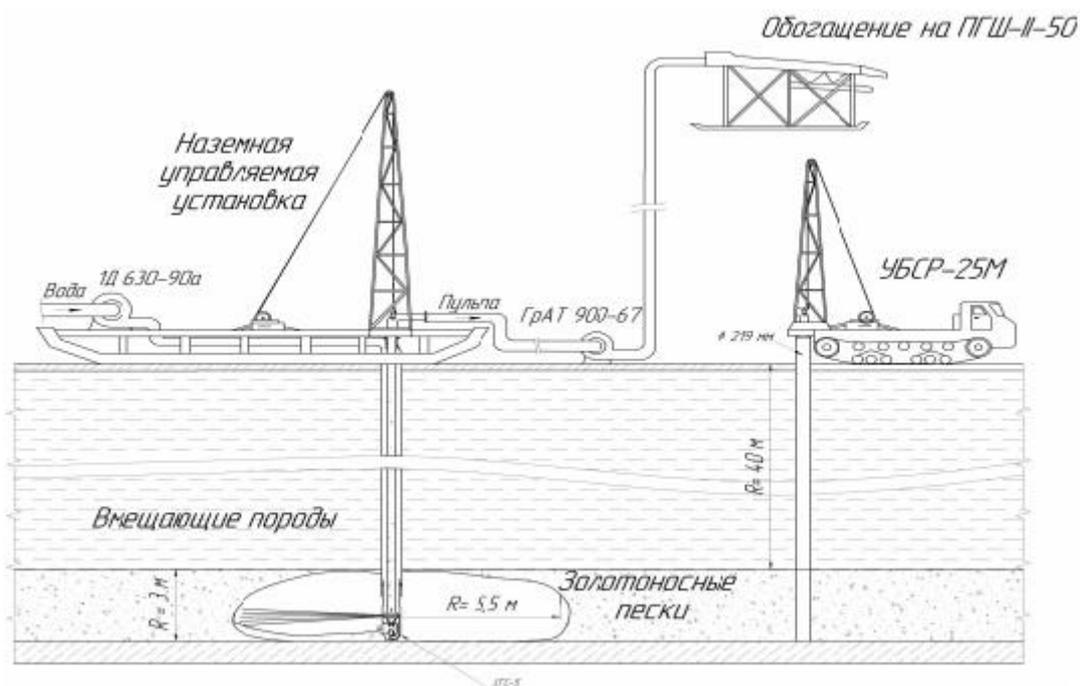


Экономическое, технологическое и научное обоснование более рациональной и эффективной технологии освоения месторождений россыпного золота в Монголии способом СГД (скважинной гидродобычи) без значительного нарушения земной поверхности и с возможностью отработки маломощных и глубокозалегающих малых форм месторождений является актуальной научно-прикладной задачей. Технология на основе метода скважинной гидродобычи (СГД) также отвечает требованиям охраны окружающей среды и позволяет извлекать россыпное золото даже из русловых аллювиальных отложений в непосредственной близости от рек или даже под ними.

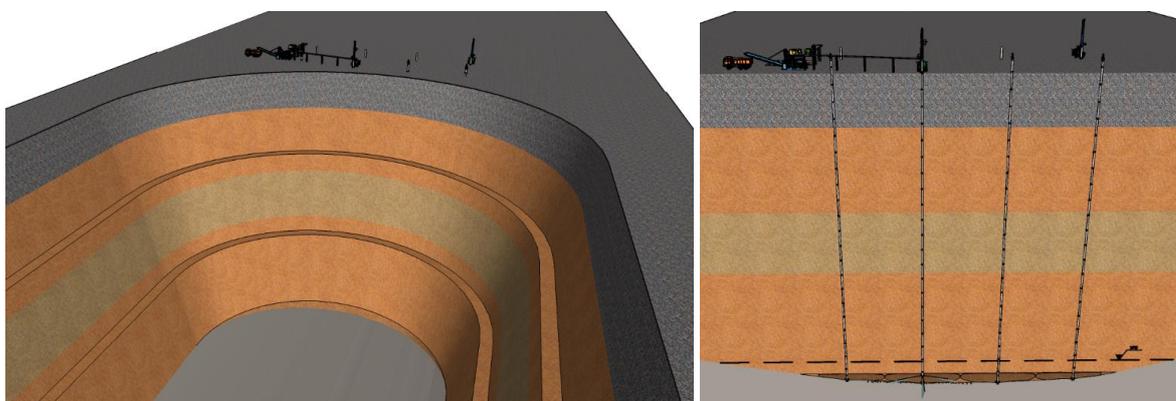
Технологически обоснованный метод СГД впервые был предложен Э. Клайтором (США) в 1932 г. и доработан П.М. Тупицыным (СССР) в 1936 г.

Способ добычи полезных ископаемых (СГД) основан на превращении разрабатываемой горной массы в гидросмесь на месте залегания путем гидромеханического воздействия и

транспортирования ее на поверхность по трубам. СГД позволяет разрабатывать глубокие и сильнообводненные месторождения с ограниченными запасами, эксплуатация которых открытым или подземным способом экономически нецелесообразна.



Технологическая схема скважинной гидродобычи (СГД) россыпного золота с мощностью вскрышных пород 40-120 м и мощностью продуктивного слоя 1-4 м



Область применения данного способа разработки золотосодержащих россыпей весьма широка. Накоплен значительный опыт в использовании данной технологии при проведении опытно-промышленных и добычных работ различных полезных ископаемых, таких как золото, фосфориты, янтарь, алмазы, сапфиры, реликтовые глины и сапропель, строительный песок и ПГС, титан-цирконий.

Способом СГД успешно разрабатывались месторождения титан - циркониевых песков в Западной Сибири в России. На Тарской россыпи построен опытно-промышленный комплекс производительностью до 40 тыс. м<sup>3</sup>/год, добывались фосфориты на Верхне-Камском месторождении и золото в Якутии и т.д.

Преимущества скважинной гидродобычи россыпного золота в Монголии являются:

- низкие капитальные вложения в строительство участков добычи способом СГД (в 3-8 раз меньше, чем строительство карьера для открытой разработки месторождения);
- быстрая окупаемость и небольшой срок ввода в эксплуатацию;
- высокая производительность и безопасность труда;
- гибкость производства, обусловленная возможностью изменения технологических параметров добычного участка в широких пределах варьированием числа добычных агрегатов;

- почти полное отсутствие негативного воздействия на окружающую среду.

К недостаткам СГД россыпного золота можно отнести:

- ограниченное применение на месторождениях, имеющих большой процент крупных включений в продуктивном слое (гравия, валунов);
- более высокие потери золота по сравнению с открытым способом из-за несовершенства добычных агрегатов и отсутствия визуального контроля.

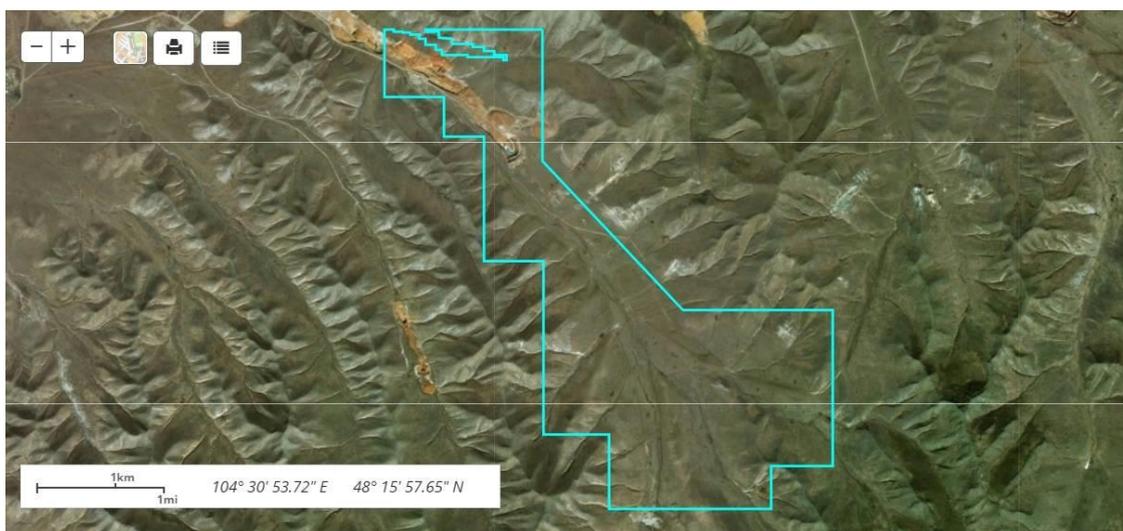


В связи этим первостепенной целью любого технического проекта и технологического решения является обоснование необходимости более полного и эффективного использования минеральных ресурсов на основе современных эколого-безопасных технологий.

Исходя из цели, сформулированы следующие задачи для эффективной разработки золотосодержащих россыпей в Монголии:

- выбор и обоснование системы разработки россыпного месторождения, позволяющая снизить себестоимость продукции и повысить полноту извлечения запасов.
- разработка предложений по снижению техногенной нагрузки на экосистемы.
- исследования эффективности отработки месторождения в зависимости от выбора оборудования и его параметров.

Методической основой исследования применения скважинной гидродобычи на месторождениях страны послужили разработки академика АЕН РФ В.Ж. Аренса, члена-корреспондента АЕН РФ А.В. Панкова, профессора Н.И. Бабичева, анализ особенностей технологий рационального освоения минеральных ресурсов, физико-химических свойств, гранулометрического состава золотосодержащих песков и полезных компонентов.



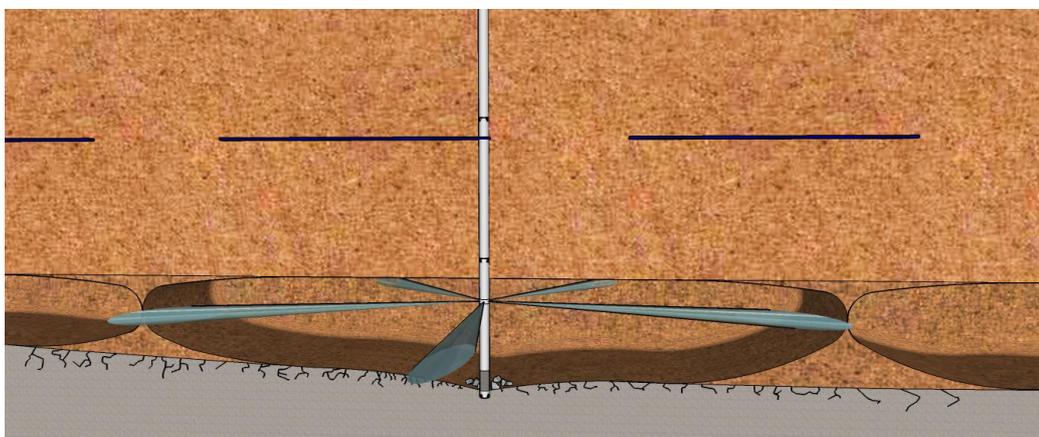
*Горный отвод под разработку россыпного золота на одном из месторождений в Монголии*

Авторами технологии СГД россыпного золота на месторождениях Монголии проанализированы ряд технологических аспектов метода и использованы материалы по горному предприятию ОАО «Дальневосточные ресурсы» (Россия), разрабатывающего глубокие россыпи полезных ископаемых. Открытая в 2002 году глубокая россыпь «Наташин лог» в течение трёх лет подвергалась детальному изучению, в результате геологоразведочных работ были подсчитаны значительные запасы золота по категории С<sub>2</sub>.

Блоки балансовой залежи неэффективной для открытой разработки и тем более, для подземной, предложено разрабатывать методом скважинной гидродобычи. Россыпь «Наташин лог» имеет следующие параметры: длина - 1300 м, средняя ширина около 150 м, средняя мощность вскрышных пород 30 м (плотные глины), средняя мощность продуктивного слоя 3,5 м (супеси с включениями гравия и гальки). Золото в толще продуктивной залежи распределено неравномерно, высокая концентрация его приходится на приплотиковую часть толщи, среднее содержание золота изменяется от 2120 до 4230 мг/м<sup>3</sup>.

В 2005 году составлен технический проект на разработку месторождения бульдозерно-гидравлическим способом с удалением вскрышных пород во внешние отвалы. Площадь, занимаемая под карьером и отвалами, составляет около 180 Га. Расчеты показали, что открытым способом при существующей технологии с применением автотранспорта экономически выгодна отработка только верхней части месторождения, остальная часть запасов для открытой разработки из-за большой глубины и сложных горно-геологических условий считается нерентабельной. Аналоги данному месторождению – это более 90% всех разведанных и эксплуатируемых залежей россыпного золота в Монголии. Их всех можно отнести к глубокозалегающим россыпям.

В стране существуют как эксплуатируемые месторождения золота, так и вновь открытые. Эксплуатируемые месторождения через несколько лет разработки сталкиваются с проблемой увеличения объема перемещаемых вскрышных пород, обводненностью продуктивного пласта, удорожанием в разы стоимости добычи.

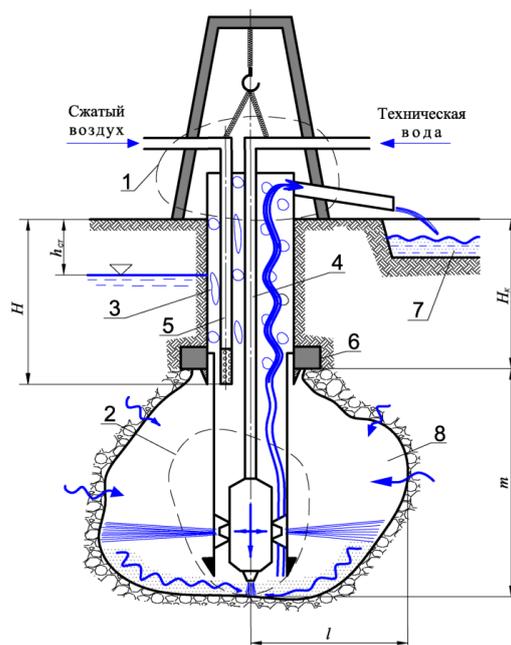


Расчёт удельных энергозатрат на освоение глубокозалегающих золотосодержащих россыпей, оценка экономической эффективности разработки позволили обосновать применение комбинированной системы для вновь открывающихся россыпных месторождений золота в Монголии: скважинной гидродобычи совместно с открытым способом отработки россыпи, причем отработку скважинной гидродобычей (СГД) предусматривается применять на тех участках россыпи, разработка которых не эффективна открытым способом.

Бурение пород до золотоносных песков производится буровыми установками УБСР-25М с обсадными трубами диаметром 219 мм и муфтовым соединением. Предлагается отработка месторождения добычным снарядом типа СГС-5 диаметром 168 мм с гидромониторным размывом и гидроэлеваторным подъёмом золотосодержащей гидросмеси. Пульпа по трубопроводу транспортируется к прибору ПГШ-II-50 для дальнейшего обогащения.

Скважинный гидродобычный снаряд СГС-5 для разработки рыхлых или слабосвязанных пород (песков, супесей, легких суглинков, гравия) с двумя концентрично расположенными

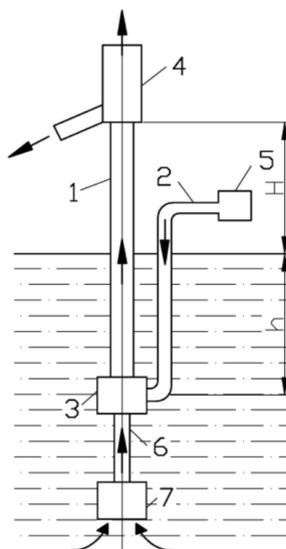
трубами диаметром 168 и 108 мм, снабженный встроенным гидромонитором. При испытании снаряда в процессе проведения опытных работ на пластах с глубиной залегания 35-50 м достигнута производительность 25-40 м<sup>3</sup>/ч.



*Схема гидродобывчного агрегата:*

*1 – верхний оголовок снаряда СГД; 2 – нижний оголовок снаряда СГД; 3 – пульпоподъемная магистраль; 4 – водоподающая магистраль; 5 – воздухоподающая магистраль; 6 – изоляционный мост; 7 – карта намыва или промприбор; 8 – добычная камера*

Устройство эрлифтного подъема золотосодержащей гидросмеси из добычной камеры по скважине рассчитано исходя из существующих параметров технологии и геологических условий месторождения.



*Принципиальная схема эрлифта:*

*1 – подъемная трубка, 2 – воздухоподающая трубка, 3 – смеситель; 4 – воздухоотделитель; 5 – компрессор; 6 – всасывающий патрубков; 7 – всас*

Принцип работы скважинного оборудования при разработке россыпных месторождений золота сводится к следующему: в снаряд СГД через верхний оголовок 1 под давлением подается

техническая вода и сжатый воздух. Эти агенты доставляются к нижнему оголовку снаряда 2 по колоннам (магистральям) водо- и воздухоподающих труб 4, 5 для выполнения технологических операций: вода для интенсификации процессов обрушения горной породы и приготовления пульпы, для обеспечения подъема пульпы с помощью гидроэлеватора, воздух – для подъема пульпы на поверхность с помощью эрлифта (эрлифтный подъем). В работе оборудования выделяются следующие процессы:

- нагнетание рабочих агентов в снаряд;
- транспорт рабочих агентов по магистральям снаряда;
- обрушение золотосодержащих пород и их размыв до состояния пульпы;
- доставка пульпы к всасу снаряда;
- всасывание пульпы;
- подъем (выдача) пульпы на поверхность;
- фильтрация подземных вод в добычной технологический цикл.

Перечисленные процессы взаимосвязаны и необходимо рассматривать их как единую систему, а системный подход позволит правильно оценить производительность СГД, энергозатраты, дебит, время очистки очистной камеры и другие показатели гидродобычи. Как пример практического применения способа скважинной добычи золота, годовые затраты при отработке двух опытно-промышленных блоков россыпного месторождения «Наташин лог» методом СГД представлена таблицей ниже.

Статьи затрат	Затраты тыс. руб.
1. Запасные части	1338,0
2. Дизельное топливо	10066,1
3. Амортизационные отчисления	4059,0
4. Оплату труда	7960,4
5. Рекультивация	225,0
6. БВР	0,0
7. Цеховые расходы	2364,8
8. Вспомогательные материалы	1182,4
9. Неучтенные расходы	1006,6
<b>10. Итого цеховая себестоимость</b>	<b>28202,3</b>
11. Налог на добычу (6%)	1692,1
12. Прочие налоги в бюджет (9%)	2538,2
13. Капитальные вложения	5000,0
<b>14. Итого полная себестоимость</b>	<b>37432,6</b>
15. Сумма от реализации продукции	58676,8
16. Прибыль без НДС	21244,2
17. Цена производственная руб./грамм	331,7
18. НДС (18%), руб./грамм	59,7
19. Сумма НДС	6737,9
20. Прибыль от реализации продукции	14506,3
21. Отчисления в резервный фонд (3%)	435,2
22. Налогооблагаемая прибыль	14071,1
23. Сумма налога на прибыль (24%)	3377,1
<b>24. Чистая прибыль</b>	<b>10694,0</b>
25. Цена золота, руб./грамм	520,0
26. Объем добычи золота, кг.	112,8
<b>27. Уровень рентабельности, %</b>	<b>28,6</b>

Выполненный анализ работ по эксплуатационной скважинной гидродобыче, горно-геологических условий ряда аналоговых российских месторождений монгольским позволяет утверждать, что перспективные работы по крупнообъемной скважинной гидродобыче в Монголии следует привязать к следующим горно-геологическим условиям месторождений:

- глубина залегания пластов 30÷100 м;
- мощность пластов 1÷20 м;
- слабосвязные, рыхлые и мерзлые горные породы;

- кровля различной устойчивости;
- пласты, разрозненные по гранулометрическому составу;
- высокая обводненность месторождений;
- неравномерное распределение полезного ископаемого.

Очевидно, что разработав эффективную технологию добычи россыпного золота на месторождениях Монголии способом СГД и мероприятия по улучшению качества добычи, возможно обеспечить широкое внедрение данного способа в производственную практику.

Комплектация оборудования осуществляется из условия отработки залежи в летний сезон одной добычной установкой и одной буровой установкой. В комплекте оборудования:

- добычная мобильная установка – 1 ед.,
- буровая мобильная установка – 1 ед.,
- насосы напорный и перекачивающие – 2 ед.,
- передвижной дизельгенератор до 200 кВт – 1 ед.,
- передвижной компрессор – 1 ед.,
- передвижной промывочный прибор – 1 ед.,
- скважинный гидродобычной снаряд (гидромониторные насадки для размыва золотосодержащих пород, эрлифт или гидроэлеватор) – 2 ед.

Расчетные эксплуатационные потери золота в недрах по варианту СГД составляют 30 %.

Выполненные расчеты свидетельствуют о том, что в сложных горно-геологических условиях при невозможности применения традиционных способов отработки (из-за большой глубины залегания, малых размеров золотосодержащего слоя и ограниченности запасов) использование технологии скважинной гидродобычи эффективно.

Таким образом, внедрение способа СГД на предприятиях добычи россыпного золота в Монголии позволит:

- значительно пополнить сырьевую базу за счет вовлечения в эксплуатацию запасов золота глубокозалегающих россыпных месторождений, отнесенные к забалансовым запасам (для открытой разработки) с использованием уже имеющихся отстойников для осветления оборотной воды, без отчуждения новых земель;
- применение комбинированной системы разработки (скважинной гидродобычи совместно с открытым способом отработки месторождения) позволит включить в единый технологический процесс добычу, переработку и рекультивацию нарушенных земель;
- использование скважинной гидродобычи как основной способ разработки на глубокозалегающих россыпных месторождениях заключительного этапа освоения значительно снизит техногенную нагрузку на экосистему за счет уменьшения площади отчуждаемых земель для отвалов вскрышных пород.

В России методом СГД проводилось крупнообъемное апробирование месторождений полезных ископаемых и осуществлялась эксплуатационная добыча. В процессе наработан опыт и достигнуты результаты, заслуживающие внимания при внедрении способа в промышленные технологические схемы золотодобычи.

Объект, цель работ	Руды	Глубина отработки, м	Мощность пласта, м	Производительность, мз/ч
Прикаспийский ГМК, добыча	глины с костным детритом (уран)	До 95	1÷1.5	10
Верхнеднепровский ГМК, добыча	Редкометалльные пески с глиной (до 30%)	40÷50	10÷12	20÷29
Томская ГРЭ, добыча титан-циркониевых песков	Титан-циркониевые пески, сильно каолинизированные	35÷40	10÷12	15÷20

Белгородская ГРЭ, добыча	Магнетит-мартитовые, обводненные	До 830	До 250	20÷25
Колубара (Югославия), добыча	Песок кварцевый	20÷25	15÷20	50÷80
Тургайская ГРЭ, опробование	Полиметаллические глинистые руды	40÷50	1÷3	4÷5
Янтарное м-е, добыча (Калининградская обл.)	Синие глины	25	1÷2	15
Тарское месторождение (Омская область), добыча	Титан-циркониевые пески	45-55	4.5	17-24
Лукояновское м-е, опробование	Титан-циркониевые пески	25	2.5-5.5	23



Стадийность подготовки монгольских россыпных месторождений золота к отработке (цена и сроки даны по нескольким экспертным оценкам, от–до/среднее значение) на примере опыта России:

№	Работы	Оплата, млн руб. (от–до/среднее значение)	Срок, мес.
1	Составление проекта на разведку	0,2–2,0/1,1	2–3/2
2	Экспертиза проекта	0,1–0,5/0,4	2–3/3
3	Согласование проведения разведочных работ	0,1-0,5/0,4	1–2/1
4	Разведочные работы (1 станок УКБ)	5,0–15,0/10,0	5–12/6
5	Подготовка отчета по разведке с подсчетом запасов	0,8–2,0/1,4	3–5/4
6	Экспертиза отчета о разведке	0,01–0,3/0,2	2–3/3
7	Защита отчета и запасов в ТКЗ или ГКЗ	0,1–0,3/0,2	2–3/2
	<b>ИТОГО, средняя оценка</b>	<b>13,7</b>	<b>18</b>
8	Технический проект золотодобывающего предприятия	1,8	3,5
9	Подготовка рабочих чертежей СГС (для конкретного м-я)	0,6	2,5
10	Изготовление и поставка оборудования	15-37	3,5

11	Монтаж, наладка, запуск в эксплуатацию оборудования	0.47	0,2
	<b>ИТОГО, средние затраты</b>	<b>27.87</b>	<b>9.7</b>

#### *СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*

- 1 **Бабичев Н.И., Николаев А.Н.** Разработка погребенных россыпей и залежей строительных материалов с использованием скважинной гидродобычи. *Гидромеханизация-2000: Тематическое приложение к Горному информационноаналитическому бюллетеню.* – М.: МГГУ, 2000. – С. 24-29.
- 2 **Хрулев А.С.** Особенности скважинной гидродобычи золотосодержащих песков из мощных глубокозалегающих россыпей. – *Горный информационноаналитический бюллетень.* - 2001. - № 9. - С. 142-145.
- 3 **Серый Р.С.** - младший научный сотрудник, Институт горного дела ДВО РАН.