

С.А. Бахарев**ОЧИСТКА ОБОРОТНОЙ ВОДЫ
АЛМАЗОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ
НА КАРТЕ НАМЫВА АКУСТИЧЕСКИМ СПОСОБОМ**

Приводятся результаты промышленных испытаний на карте намыва (с геометрическими размерами 307–37–3,7 м) алмазодобывающего предприятия разработанной автором акустической установки. Показано, что при расходе хвостовой пульпы ~250 куб.м/час концентрация шламовых частиц в ней была сокращена с 100–200 до 0,16–0,32 г на 1 л, соответственно. При этом затраты электроэнергии не превысили 5 Вт на 1 куб.м. хвостовой пульпы.

Разработанную автором акустическую установку рекомендуется использовать также для: сгущения осадка; уплотнения тела водоупорной дамбы в процессе антифильтрационных мероприятий; осветления сточных вод в хвостохранилищах и горизонтальных отстойниках алмазодобывающих предприятий Архангельской области.

Ключевые слова: алмазы, обогатительная фабрика, оборотная вода, карта намыва, нелинейная акустика, акустическое осветление воды, акустическое сгущение осадка.

Характерной особенностью месторождений алмазов в Архангельской области (месторождение им. М.В. Ломоносова и др.) является высокое содержание минералов монтмориллонитовой группы. В водной среде данные глинистые минералы (например, сапонит) образуют тонкодисперсную гелеобразную суспензию, частицы которой характеризуются крупностью менее 5–7 микрон и, как следствие, низкой скоростью осаждения, что создает большие сложности при обеспечении замкнутого водооборота на обогатительных фабриках [4].

Особенно остро недостаток осветленной воды отмечается в период ледостава на хвостохранилище, когда концентрация глинистых шламовых частиц (ШЧ) в оборотной воде превышает 50–100 г/л. Это приводит к увеличению ее вязкости, плотности и, как следствие, снижению извлечения алмазов в процессах тяжелосредной и рентгенолю-минесцентной сепараций, повышению потребления чистой природной воды, снижению срока служ-

бы оборудования и экологической безопасности производства в целом.

Таким образом, актуальность проблемы эффективной очистки шламосодержащих вод для алмазодобывающих предприятий обусловлена следующими обстоятельствами:

1. Нарушение технологических процессов переработки алмазосодержащего сырья, приводящее к снижению извлечения ценных кристаллов.

2. Снижение безопасности работ при эксплуатации и обслуживании оборудования.

3. Повышенный износ технологического и вспомогательного оборудования, а также расходных материалов.

4. Завышенные эксплуатационные затраты из-за высокой плотности и вязкости технических вод, циркулирующих в технологических процессах.

5. Отсутствие возможности увеличения производительности фабрики без увеличения проектной (разрешенной) площади.

6. Негативное влияние на окружающую среду.

Испытанные за последние 10 лет известные (гравитационные, фильтрационные, реагентные и другие) способы и оборудование не позволили решить проблему осветления оборотных вод алмазодобывающих предприятий в Архангельской области [4].

Специфика протекания физических процессов при комплексном акустическом воздействии заключается в недостижимых для других методов безреагентной очистки воды больших объемах, при одновременном обеспечении экологической безопасности в особых экологических условиях Крайнего Севера и Дальнего Востока России [2–4].

Используя закономерности линейной [1, 5, 6, 8] и нелинейной [2–4, 7] акустики можно резко интенсифицировать процессы очистки и кондиционирования воды, что особенно важно для решения проблемы комплексного освоения недр Земли [9].

Для решения проблемы эффективной очистки хвостов обогащения обогатительной фабрики (ОФ) от ШЧ в сентябре 2013 г. на карте намыва с геометрическими размерами 307×37×3,7 м в строго контролируемых условиях были проведены промышленные испытания установки комплексного акустического воздействия (УКАВ-ОВ) на оборотную воду ОФ алмазодобывающего предприятия [2–4].

В процессе использования УКАВ-ОВ при намыве карты по длине пляжной зоны осуществляется акустическая коагуляция, акустическое (принудительное) и гравитационное осаждение, а также акустическое уплотнение

тела пляжа с пофракционным разделением хвостовой пульпы. По этой причине в центральную зону карты намыва попадает суспензия с меньшим количеством песчаной фракции, т.к. она осаждается в пляжной зоне. При этом, из-за малого уровня оборотной воды (0,5–1,0 м) и большого содержания шламовых частиц в ней, используются только направленные (навстречу движению пульпы) гидроакустические излучатели (3 шт. – при данной ширине карты намыва, а также исходя из перечисленных выше трех научно-технических задач) низкого звукового диапазона (НЗД) частот – от 0,2 кГц до 2,0 кГц.

В табл. 1 представлен гранулометрический состав шламовых частиц (ШЧ), находящихся в сбрасываемых с торца пульповода на карту намыва оборотной воде (пульпе) с расходом ~250 м³/ч.

Анализируя данные, представленные в табл. 1, можно отметить, что основная масса (более 97%) ШЧ была представлена мелким классом (размер частиц «-0,2 мм»). При этом следует отметить, что другая (содержащая более крупные ШЧ) часть пульпы (с расходом ~250 м³/ч) сбрасывалась через выпуск непосредственно в хвостохранилище ОФ.

В процессе использования УКАВ-ОВ в средней части карты намыва осуществляется акустическая коагуляция, акустическое осаждение и акустическое уплотнение осадка. По этой причине в нижнюю часть карты намыва (своеобразный пруд-отстойник) попа-

Таблица 1

Гранулометрический состав шламовых частиц, находящихся в сбрасываемой на карту намыва пульпе

Класс крупности, мм	+2	-2 +1,7	-1,7 +1,4	-1,4 +1,2	-1,2 +1,0	-1,0 +0,5	-0,5 +0,2	-0,2	Итого:
Содержание ШЧ, % (граммы)	–	–	0,137 (0,76)	0,146 (0,81)	0,155 (0,86)	2,153 (11,97)	0,281 (1,56)	97,129 (540,0)	100% (555,97)

дает суспензия с относительно малым количеством шламовых частиц, т.к. они эффективно укрупняются и осаждаются в центральной зоне пляжной зоне. При этом, из-за относительно малого уровня оборотной воды (1,0–1,5 м) используются только ненаправленные гидроакустические излучатели (при данной ширине карты намыва – по 2 шт.) НЗД и среднего звукового диапазонная (СЗД) частот – от 2,0 кГц до 12,0 кГц.

В нижней части карты намыва осуществляется акустическая коагуляция, акустическое осаждение и акустическое уплотнение осадка. По этой при-

чине в сливах с карты намыва содержится минимальное количество шламовых частиц. При этом используются ненаправленные гидроакустические излучатели (при данной ширине карты намыва – по 2 шт.) НЗД, СЗД и верхнего звукового диапазона (ВЗД) частот – выше 12,0 кГц.

В табл. 2 в соответствии с технологической схемой работы данной карты намыва (200 м³/ч) представлен комплект основного оборудования и вспомогательного оборудования УКАВ-ОВ (цены на 01.01.2014 г.).

Для примера на рис. 1, а, б, в представлен внешний вид карты намыва,



Рис. 1. Внешний вид карты намыва: а) верхняя часть карты, б) нижняя часть карты, в) сливные трубы на выходе



Рис. 2. Элементы стационарного модуля акустической установки: а) внешний вид помещения, б) внутренний вид помещения, в) плот с излучателем



Рис. 3. Внешний вид оборотной воды на карте намыва: а) нижняя часть карты, б) район водозабора карты, в) сливная труба



Рис. 4. Последствия гравитационного осветления оборотной воды на карте намыва: а) низ правого борта, б) низ центра карты, в) низ левого борта



Рис. 5. Последствия акустического осветления оборотной воды на карте намыва: а) низ правого борта, б) низ центра карты, в) низ левого борта



Рис. 6. Внешний вид сапонитсодержащего осадка: а) частично погруженный камень, б) дно карты намыва, в) фрагмент дна карты



Рис. 7. Результаты испытаний по акустическому сгущению осадка: а) после слива пульпы, б) перед измерениями, в) удаление осадка

Таблица 2

Оборудование для акустического осветления оборотных вод ОФ на карте намыва с геометрическими размерами 307×37×3,7 м

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Мощность, кВт-ч		Стоимость, тыс. руб (без НДС)	
			Ед-ца	Всего	Ед-ца	Всего
1	Генератор сигналов специальной формы («GFG-18A»)»	3	0,05	0,15	30	90
2	Двухканальный цифровой усилитель мощности с блоком согласования («EP-4000»)»	6	0,50	3,0	180	1080
3	Гидроакустический излучатель НЗД частот (ЦГИ-ПБ-1)	6	–	–	210	1260
4	Гидроакустические излучатели СЗД частот (ЦГИ-ПБ-2)	4	–	–	180	720
5	Гидроакустические излучатели ВЗД частот (ЦГИ-ПБ-3)	2	–	–	150	300
6	Геофизический кабель КГИ-2 (1,2 км: 12×100 м) с подводными муфтами (12 шт.)	12	–	–	20	240
Итого (за основное оборудование):				3,15		3690
Термошкафы (1,5×1,5×2,0) для размещения электронных приборов		2	0,5	1,0	200	400
Понтоны с якорно-поплавковыми устройствами		6	–	–	25	150
Итого (за дополнительное оборудование):				1,0		550
ИТОГО (за оборудование):				4,15		4240
Примечания:						
1. Суммарные затраты на потребление электроэнергии составят ~99 кВт/сут. (или ~36 тыс. кВт/год).						
2. При отсутствии стационарного электропитания потребуется два дизель-генератора с электрической мощностью не менее 5 кВт каждый.						
3. При увеличении геометрических размеров карты намыва и увеличении расхода подаваемой пульпы пропорционально увеличатся затраты на основное и дополнительное оборудование.						

построенной в непосредственной близости от хвостохранилища ОФ.

Как видно на рис. 1, а, б, в до начала работ по промышленным испытаниям УКАВ-ОВ оборотная вода в нижней части карты намыва – в зоне отстаивания (рис. 1, б) и на выходе сливных труб (рис. 1, в) отличалась высокой мутностью. По данным количественных измерений содержание ШЧ на среднем горизонте (0,4 м) составляло в среднем 3,31 г/л, а на верхнем горизонте (0,2 м) – 1,26 г/л.

На рис. 2, для примера, иллюстрируется внешний вид некоторых элементов стационарного модуля УКАВ-ОВ.

Как видно из рис. 2, элементы стационарного модуля УКАВ-ОВ отличаются относительно небольшими весогабаритными характеристиками.

Промышленные испытания УКАВ-ОВ проводились в три этапа: на первом и третьем этапах акустическое излучение не производилось, а карта намыва функционировала в своем штатном режиме. Методика промышленных испытаний также предусматривала, что после окончания второго этапа и третьего этапа – осуществлялся сброс с карты намыва всей массы осветленной воды. При переходе с первого на второй этап осуществлял-

Таблица 3

Среднее содержание взвешенных веществ (г/л) в пробах воды, отобранных в различных точках хвостохранилища

Режим работы/ Горизонт	0,2 м от поверхности	0,4 м от поверхности	0,6 м от поверхности	Примечание
Без акустики	1,264	3,313	4,420	ветер менее 3–5 м/с
С акустикой	0,160	0,320	0,359	ветер менее 3–5 м/с
Разница, г/л (выигрыш, %)	1,104 (87,3)	2,993 (90,3)	4,061 (91,9)	ветер менее 3–5 м/с

ся плавно – с полным сохранением коэффициента водообмена на карте намыва, высота столба оборотной воды на карте намыва в процессе ее штатного функционирования в районе слива составляла 0,8 м. В то время как на втором этапе составляла: 0,4 м – при скорости ветра менее 3–5 м/с и 0,6 м – при скорости ветра более 5–10 м/с, а слой сбрасываемой осветленной (содержание шламовых частиц не более 0,25–0,5 г/л) воды на втором этапе всегда составлял 0,2 м.

На рис. 3 представлен внешний вид оборотной воды в нижней части карты намыва до начала испытаний (рис. 3, а) и в процессе промышленных испытаний (рис. 3 б, в) УКАВ-ОВ.

Как видно из рис. 3, б и 3, в в процессе промышленных испытаний УКАВ-ОВ мутность оборотной воды существенно уменьшилась по сравнению с ее гравитационным осветлением. По данным количественных измерений содержание ШЧ на среднем горизонте составляло 0,32 г/л, а на верхнем – 0,16 г/л.

В табл. 3 представлены основные результаты испытаний на данном этапе в виде среднего содержания ВВ (г/л) в сливах воды с различных горизонтов карты намыва.

Как видно из табл. 3, за счет применения УКАВ-КВ на карте намыва содержание ШЧ в верхнем (0,2 м) слое слива оборотной воды было уменьшено на 1,104 г/л (эффект разработанного метода 87,3%), а в среднем (0,4 м) слое – на 2,993 г/л (эффект разработанного метода 90,3%).

Определенный практический интерес представляет результаты ситового анализа осадка при гравитационном осаждении и после акустического воздействия. В табл. 4 представлено процентное содержание ШЧ в осадке в зависимости от классов крупности и способа его уплотнения.

Анализируя данные, представленные в табл. 4, следует сделать вывод о том, что существенное увеличение доли крупнодисперсных ШЧ (+2 мм) на 20,7% и существенное уменьшение доли мелкодисперсных ШЧ (-0,2 мм)

Таблица 4

Процентное содержание шламовых частиц в осадке в зависимости от классов крупности и способа его уплотнения

Крупность, мм / Режим работы	+2	-2	-1,7	-1,4	-1,2	-1,0	-0,5	-0,2
С акустикой	20,7	1,65	3,07	2,13	2,60	13,62	26,30	29,84
Без акустики	–	–	0,13	2,12	5,15	12,15	20,28	60,17
Разница, %	+20,7	+1,65	+2,94	+0,01	-2,55	+1,47	+6,02	-30,33

на 30,33% после акустического воздействия на пульпу, подтверждает факт акустической коагуляции исходных ШЧ.

Для примера на рис. 4 иллюстрируются, в виде следов на различных участках бортов карты намыва, последствия гравитационного осветления оборотной воды, сбрасываемой на карту намыва с ОФ синхронно со сливом ее верхнего слоя.

Как видно из рис. 4, особенно на детальном снимке (рис. 4, б), слой чистой воды после гравитационного осветления занимает незначительную (менее 20%) часть воды сброшенной с карты намыва и составляет менее 0,15 м. При этом реальный слой чистой воды, находящейся в карте намыва, составлял менее 0,05 м.

Для примера на рис. 5 иллюстрируются последствия акустического осветления оборотной воды в виде следов на тех же участках бортов карты намыва.

Как видно из рис. 5, особенно на детальном снимке (рис. 5, а), слой чистой воды после акустического осветления занимает значительную (более 75%) часть воды сброшенной с карты намыва и составляет не менее 0,6 м.

Для примера на рис. 6 иллюстрируется внешний вид акустически структурированного, имеющего другую вязкость, и уплотненного сапонитсодержащего осадка.

Как видно из рис. 6, в сапонитсодержащий осадок по своей структуре напоминает «мягкий пластилин», а не «грязную воду» – как при гравитационном методе очистки оборотной воды на карте намыва.

Определенный практический интерес представляют собой результаты промышленного применения УКАВ-КВ для акустического сгущения сапонитсодержащего осадка в карте намыва с возможностью его последующего извлечения для дальнейшей реализации.

В процессе безреагентного (акустического) сгущения сапонитсодержащего осадка установлено, что содержание ШЧ в нем было увеличено с 89 г/л до 743–790 г/л.

На рис. 7, для примера, иллюстрируются результаты испытаний по акустическому сгущению хвостов пульпы с ОФ.

Как видно из рис. 7 акустически сгущенный осадок визуально отличается повышенной плотностью. В то время как после гравитационного уплотнения сапонит-содержащий осадок (правая емкость на рис. 7, в) легко отделился от стенок пластиковой емкости объемом 105 л.

В табл. 5 представлены результаты испытаний по акустическому сгущению сапонитсодержащего осадка, а также по акустическому осветлению хвостов пульпы ОФ.

Таблица 5

Результаты испытаний по акустическому сгущению осадка

Режим работы / Параметры	Исходное содержание ШЧ, г/л (%)	Слой воды, % к общему объему	Слой осадка, % к общему объему	Содержание ВВ в осадке, г/л (г/л)
Без акустики	79 (100)	5,0	95,0	89 (+10)
С акустикой-1	83	55,0	45,0	743 (+660)
С акустикой-2	89	65,5	34,5	790 (+701)
Разница-1	+4 (+4,8)	+50,0	-50,0	+650
Разница-2	+10 (+11,2)	+60,0	-60,0	+691

Таблица 6

Ситовая осадков (%) по классам крупности

+2	-2+1,7	-1,7+1,4	-1,4+1,2	-1,2+1,0	-1,0+0,5	-0,5+0,2	-0,2	Способ сгушения
14,3	0,3	0,3	6,85	5,12	3,01	21,14	48,98	акустика 1
20,7	1,65	3,07	2,13	2,60	13,62	26,30	29,84	акустика 2
–	–	0,13	2,12	5,15	12,15	20,28	60,17	гравитация

Анализируя данные, представленные в табл. 5, можно сделать следующие предварительные выводы:

- эффективность гравитационного способа сгушения осадка хвостов пульпы (при исходном содержании ШЧ ~80 г/л) является относительно низкой;

- эффективность комплексного акустического способа сгушения сапонитсодержащего осадка является достаточно высокой и позволяет многократно (с 83 г/л до 743 г/л или с 89 г/л до 790 г/л) увеличить содержание ШЧ в нем.

Большой практический интерес представляют результаты ситового анализа сапонитсодержащего осадка после комплексного акустического воздействия на хвосты пульпы. В табл. 6 представлены результаты ситового анализа осадков после различных способов его сгушения.

Анализируя данные, представленные в табл. 6, можно сделать вывод о том, что существенное (~ на 15% – в режиме Акустика-1 и ~ на 23% – в режиме Акустика-2) увеличение ШЧ класса «+1,7» подтверждает факт акустической коагуляции исходных ШЧ.

В заключение, опираясь на полученные в контролируемых условиях экспериментальные результаты, сформулируем следующие предварительные выводы:

1. При использовании УКАВ-ОВ на экспериментальной карте намыва с геометрическими размерами 307×37×3,7 м, уровнем зеркала воды в ее нижней части 0,8 м, при расходе

пульпы ~250 м³/час, сбрасываемой на пляж карты намыва синхронно со сливом осветленной воды удалось в одном технологическом процессе снизить содержание ШЧ:

- в верхнем (0,2 м) слое воды – с 1,264 г/л до 0,16 г/л (в 7,9 раза);
- в среднем (0,4 м) слое воды – с 3,313 г/л до 0,32 г/л (в 10,4 раза);
- в нижнем (0,6 м) слое воды – с 4,420 г/л до 0,359 г/л (в 12,3 раза).

2. В наиболее благоприятных погодных условиях (скорость ветра до 10 м/с) с помощью УКАВ-ОВ удалось осветлить 50% слоя воды (0,4 м при глубине места 0,8 м) до содержания ШЧ в ней менее 0,5 г/л. В менее благоприятных погодных условиях (скорость ветра более 10 м/с) удалось осветлить 30% слоя воды (0,3 м при глубине места 0,8 м). Сброс осветленной воды производился одновременно с подачей пульпы на карту намыва.

3. Для очистки оборотных вод от ШЧ при помощи УКАВ-ОВ до показателя, не превышающего 0,5 г/л (при требуемых технологическим процессом – «не более 5 г/л»), расходе пульпы ~250 м³/ч и исходном содержании в пульпе ШЧ ~150 г/л, суммарный расход электроэнергии УКАВ составил менее 0,5 Вт/м³.

4. Масса и структура (вязкость, плотность и др.) сапонитсодержащего осадка, выпавшего в осадок на дно карты намыва и ее борта после комплексного акустического воздействия на пульпу, позволяет говорить о возможности его промышленного извлечения с помощью УКАВ-ОВ.

1. Акустическая технология в обогащении полезных ископаемых / Под ред. В.С. Ямщикова. – М.: Недра, 1987. – 230 с.

2. Бахарев С.А., Максимова И.С. Новая технология безреагентной очистки сточных вод от взвешенных веществ / Всерос. НТК «Сохранение биоразнообразия Камчатка». – П-Камчатский: КИГ, 2005. – С. 25–28.

3. Бахарев С.А. Результаты использования акустического метода очистки сточных вод от взвешенных веществ в бассейне нерестовых рек Камчатки / Вестник XXI. Разведка, добыча, переработка полезных ископаемых / Под общ. ред. В.Ж. Аренса. – М.: Интермет Инжиниринг, 2007. – С. 43–46.

4. Бахарев С.А. Акустика в горной промышленности. Монография. – Germany, Изд-во: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH, 2013. – 278 с.

5. Глембоцкий В.А., Еремин Ю.П. Применение ультразвука в металлургических процессах. – М.: Metallurgiya, 1972. – С. 50–52.

6. Глембоцкий В.А., Соколов М.А., Якубович И.А. и др. Ультразвук в обогащении полезных ископаемых. – Алма-Ата: Недра, 1972. – 112 с.

7. Зверев В.А., Калачев А.И. Измерение взаимодействия звуковых волн в жидкостях // Акустический журнал. – 1958. – Вып. 4. – С. 321–324.

80. Урик Р.Дж. Основы гидроакустики. – Л.: Судостроение, 1978. – 374 с.

8. Чантурия В.А. Развитие горных наук и проблемы комплексного освоения недр Земли // Горный журнал. – 2007. – № 10. – С. 101–112. **PLAB**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Бахарев Сергей Алексеевич – доктор технических наук, директор, ИП «Бахарев С.А.», e-mail: taf@list.ru.

UDC 534.222.2

PURIFICATION OF THE CIRCULATING WATER PRODUCING COMPANY ON THE MAP OF THE ACOUSTIC RECLAMATION METHOD

Bakharev S.A., Doctor of Technical Sciences, Director, IB «BAKHAREV S.A.», e-mail: taf@list.ru, Moscow, Russia.

The results of industrial tests on the map of reclamation (with the dimensions of 307 – 37 was 3.7 meters) diamond mining company developed by the author acoustic installation. It is shown that when the flow rate of tailings slurry ~250 cubic metro per hour, the concentration of the slurry particles was reduced from 100–200 to 0.16–of 0.32 grams per 1 liter, respectively. While the cost of electricity does not exceed 5 watts per 1 cubic meter of tailings slurry. Developed by the author acoustic setting is recommended for: sludge thickening; seal body water dam in the anti-filtration process activities; clarification of waste water in the tailings and horizontal clarifiers diamond-mining enterprises of the Arkhangelsk region.

Key words: diamonds, coal washing plant, circulating water, a map of reclamation, nonlinear acoustics, acoustic the water clarification, acoustic sludge thickening.

REFERENCES

1. *Akusticheskaya tekhnologiya v obogashchenii poleznykh iskopaemykh*. Pod red. V.S. Yamshnikov Acoustic technology in mineral beneficiation. Yamshnikov V.S. (Ed.), Moscow, Nedra, 1987, 230 p.

2. Baharev S.A., Maksimova I.S. *SSokhranenie bioraznoobraziya Kamchatka. Vserossiyskaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya* (Preservation of bio-diversity of Kamchatka. All-Russia Scientific and Technical Conference), Petropavlovsk-Kamchatskiy, KIG, 2005, pp. 25–28.

3. Baharev S.A. *Vestnik XXI. Razvedka, dobycha, pererabotka poleznykh iskopaemykh*. Pod red. V.Zh. Arensa (Bulletin of the 21st century. Mineral exploration, mining and processing. Arens V.Zh. (Ed.)), Moscow, Intermet Inzhiniring, 2007, pp. 43–46.

4. Bakharev S.A. *Akustika v gornoj promyshlennosti*. Monografiya (Acoustics in mining industry. Monograph), Germany, Izd-vo LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH, 2013, 278 p.

5. Glembockiy V.A., Eremin Yu.P. *Primenenie ul'trazvuka v metallurgicheskikh protsessakh* (Use of ultrasound in metallurgical processes), Moscow, Metallurgiya, 1972, pp. 50–52.

6. Glembockiy V.A., Sokolov M.A., Yakubovich I.A. *Ul'trazvuk v obogashchenii poleznykh iskopaemykh* (Ultrasound in mineral beneficiation), Alma-Ata, Nedra, 1972, 112 p.

7. Zverev V.A., Kalachev A.I. *Akusticheskiy zhurnal*. 1958, issue 4, pp. 321–324.

80. Urik R.Dzh. *Osnovy gidroakustiki* (Basic hydroacoustics), Leningrad, Sudostroenie, 1978, 374 p.

8. Chanturiya V.A. *Gornyy zhurnal*. 2007, no 10, pp. 101–112.