

техногенно-обусловленных ЭГП минимум на порядок превышает активность аналогичных процессов в естественном состоянии [4]. Наиболее ярко последствия техногенных воздействий выражены в горном кластере, на участке пос. Красная Поляна — устье р. Пслух. Парagenезы техногенно-обусловленных ЭГП наиболее полно проявлены в левом борту р. Мзымта над участком технологической дороги к подстанции ФСК «Мзымта», в правом борту и русле руч. Водопадный (Фермерский) между стартовой вышкой комплекса трамплинов и хабом «Эсто — Садок», а также в бассейне руч. Мостовой (ПК 456 железной дороги Адлер — Красная Поляна).

Заключение

При долгосрочном прогнозировании целесообразно учитывать изменения атмосферной циркуляции северного полушария и ее долговременные тенденции. Учитывая непрогнозируемые на настоящий момент долгосрочные изменения солнечной активности, более достоверными в настоящее время могут быть краткосрочные прогнозы, опирающиеся дополнительно на анализ, воздействующих на Землю происходящих на Солнце краткосрочных изменений.

Следствием современного характера циркуляции атмосферы явились катастрофические проявления ЭГП в 2013 и 2014 гг. на Дальнем Востоке, Алтае, Бурятии и других территориях. Увеличение суммарной годовой продолжительности макроциркуляционных процессов, обеспечивающих межширотный обмен воздушных масс, приводит к возрастанию экстремальных осадков в разных секторах Северного полушария, в том числе и на территории России, что в свою очередь ведет к росту наводнений и опасных экзогенных процессов. В ближайшие годы этот характер циркуляции сохранится.

Главной особенностью погоды будет ее неустойчивость, возможны экстремальные засухи и наводнения. Опасность оползней и селей может в ближайшие годы увеличиться в результате воздействия природных факторов, причем масштабы проявлений существенно возрастут за счет бесконтрольных техногенных воздействий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дзердзеевский, Б.Л. Циркуляционные механизмы в атмосфере Северного полушария в XX столетии / Б.Л. Дзердзеевский // Материалы метеорологических исследований: Тр. Междувед. геофизического комитета при президиуме АН СССР. — М., 1968. — 240 с.
2. Кононова, Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому / Н.К. Кононова, отв. ред. А.Б. Шмакин. РАН Ин-т географии. — М.: Воентехиниздат, 2009. — 372 с.
3. Кононова, Н.К. Изменения циркуляции атмосферы Северного полушария в XX-XXI столетиях и их последствия для климата / Н.К. Кононова // Фундаментальная и прикладная климатология. — 2015. — № 1. — С. 127–156.
4. Крестин, Б.М. Активность оползневых и селевых процессов на территории Большого Сочи и ее изменения в начале XXI века / Б.М. Крестин, И.В. Мальнева // Геоэкология. — 2015. — Вып. 1. — С. 21–29.
5. Мальнева, И.В. Активность селей на территории России и ближнего зарубежья в XXI веке / И.В. Мальнева, Н.К. Кононова // ГеоРиск. — 2012. — № 4. — С. 48–54.
6. Методические рекомендации по составлению долгосрочных прогнозов экзогенных геологических процессов в системе государственного мониторинга геологической среды / А.И. Шеко, Г.П. Постоев, В.С. Круподеров и др. М.: ВСЕГИНГЕО, 1999 — 78 с.
7. Осипов, В.И. Природные катастрофы: анализ развития и пути минимизации последствий / В.И. Осипов // Проблемы анализа риска. — 2015. — Т. 12. — С. 84–93.
8. Природные опасности России. В 6 т. — Т. 3. Экзогенные геологические опасности / Под ред. В.М. Кутелова и А.И. Шеко. — М.: КРУК, 2002. — 345 с.

© Мальнева И.В., Крестин Б.М., Кононова Н.К., 2016

Мальнева Ирина Васильевна // irimaln@rambler.ru

Крестин Борис Михайлович // krebtor@rambler.ru

Кононова Нина Константиновна // NinaKononova@yandex.ru

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 546.7.11+546.65 : 669.493.5

Лихникевич Е.Г., Пермьякова Н.А., Сычева Н.А.
(ФГБУ «ВИМС»)

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ МАРГАНЦА И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ КОМПЛЕКСНЫХ РЕДКОМЕТАЛЛЬНО-РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ РУД

Для переработки комплексных редкометалльно-редкоземельных руд проведены исследования по использованию автоклавной азотнокислотной двухстадийной технологии с введением в выщелачивающий раствор восстановителя, которые показали, что окислительно-восстановительные реакции в системе $Mn^{+4/+2}$ и $Ce^{+3/+4}$ — кислота — H_2O_2 обеспечивают повышение степени извлечения в раствор марганца при частичной потере РЗЭ, вследствие окисления церия. **Ключевые слова:** марганцевые минералы, окислитель, восстановитель, валентность.

Likhnikovich E.G., Permyakova N.A., Sycheva N.A. (VIMS)

THE BEHAVIOR OF MANGANESE AND RARE EARTH ELEMENTS IN THE HYDROMETALLURGICAL PROCESSING OF COMPLEX RARE-METAL-RARE-EARTH ORES

*For the processing of complex rare-metal-rare-earth ore studies have been conducted on the use of autoclave nitric acid two-stage technology with the introduction of a leach solution of a reducing agent, which showed that redox reactions in the system $Mn^{+4/+2}$ and $Ce^{+3/+4}$ — acid — H_2O_2 enhance the degree of extraction in a solution of manganese with partial loss of REE, due to the oxidation of cerium. **Keywords:** manganese minerals, oxidant, reducing agent, valence.*

Исследования по изучению поведения марганца и редкоземельных элементов (РЗЭ) при гидрометаллургической переработке были проведены на богатых комплексных редкометалльно-редкоземельных рудах одного из месторождений Сибири. Пробы рудного пласта характеризуют минеральные разновидности, отличаю-

Таблица 1
Минеральный состав пробы руды

№	Минерал	Теоретическая формула	Содержание, масс. %
1	Гётит	$\text{Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$	60
2	Монацит	$(\text{Ce}, \text{La}, \text{Y}, \text{Sc})^{3+}\text{PO}_4$	13
3	Минералы группы крадаллита	$\text{RAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_6$, где $\text{R}=\text{Ca}, \text{K}, \text{Ce}, \text{Ba}, \text{Sr}, \text{Pb}$	5
4	Пироклор	$(\text{NaCa})_2\text{Nb}_2\text{O}_6(\text{OH}, \text{F})$	4
5	Рутил+анатаз	TiO_2	1
6	Минералы группы псиломелана	$m\text{Mn}^{2+}\text{O} \cdot \text{Mn}^{4+}\text{O}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	12
7	Пиролюзит	MnO_2	3
8	Каолинит	$\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_8$	1
9	Кварц	SiO_2	1
Сумма			100

щиеся значительными колебаниями оксида ниобия (от 0,18 до 1,73 %), РЗО (La_2O_3 от 0,16 до 2,55 %; CeO_2 от 0,34 до 3,33 %), оксида марганца (от 2,92 до 27,12 %), оксида железа (от 31,80 до 68,52 %) и соотношений рудных и породообразующих минералов.

Исследованиями, выполненными организациями различной ведомственной принадлежности, проанализирована возможность кислотной схемы переработки руд и концентратов. Разработан способ извлечения редкоземельных металлов (РЗМ) автоклавным азотнокислым выщелачиванием с получением обесфосфоренных растворов [1, 2], включающий двухстадийное выщелачивание: 1 стадия — проведение процесса автоклавного вскрытия при температуре 120–140 °С и концентрации азотной кислоты 20 %, что обеспечит растворение оксидов железа на поверхности редкометалльных металлов; 2 стадия — повышение температуры до 180–200 °С, обеспечивающее разложение нитратов железа с переходом их в оксидный осадок в результате термогидролиза, а также выщелачивание РЗЭ и марганца.

Исследования по изучению особенностей поведения марганца и редкоземельных элементов были проведены на исходной пробе руды крупностью –0,074 мм, минеральный и химический составы которой представлены в табл. 1, 2. Минеральный состав пробы руды определен рентгенографическим фазовым анализом с учетом данных оптической микроскопии.

Главными рудными минералами являются гётит, оксиды и гидроксиды марганца, присутствующие в виде тонкодисперсных полиминеральных агрегатов, в

состав которых нередко входят породообразующие фазы. Промышленно ценные минералы представлены монацитом, пироклором и алюмофосфатами группы крадаллита.

С точки зрения оценки поведения марганца при гидрометаллургической переработке особый интерес представляют минералы марганца, псиломелан и пиролюзит.

Псиломелан слагает основную массу охр совместно с гётитом и каолинитом, присутствуя в очень тонких сростаниях с последними. Он образует тонкодисперсные, порошковатые, рыхлые массы с низкой твердостью. В отраженном свете псиломелан серый, агрегаты псиломелана, гётита и каолинита буровато-серые, пористые с низким отражением (рис. 1а). В меньшей степени псиломелан слагает плотные стяжения, в которых присутствует в сростании с пиролюзитом и гётитом. По данным рентгенографического фазового анализа, минеральными видами псиломелана являются собственно псиломелан и голландит, встречающиеся исключительно в тесной ассоциации, которые практически невозможно индивидуализировать даже методами электронной микроскопии.

Пиролюзит встречается главным образом в плотных стяжениях, реже — в охрах. Образует тонкоиглочатые и тонковолокнистые агрегаты (рис. 2). Обладает высоким отражением и кремово-белым оттенком. В плотных стяжениях пиролюзит замещает гётит, выполняет в нем трещины усыхания (рис. 1а). В охрах минерал присутствует в тесных сростаниях с псиломеланом, гётитом и каолинитом, замещая первый (рис. 1, 2). Минералами концентраторами редкоземельных элементов являются монацит и минералы группы крадаллита.

Монацит встречается в виде порошковатых масс и пористых агрегатов, сформированных зернами таблитчатой и удлиненно-призматической формы размером первые микрометры (рис. 3). Присутствует в тесной

Таблица 2
Химический состав пробы руды

Содержание компонентов, %												
MnO	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	Nb ₂ O ₅	La ₂ O ₃	CeO ₂	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	ThO ₂	TiO ₂	V ₂ O ₅	Y ₂ O ₃	ZnO
19,29	2,99	55,48	0,27	2,65	3,13	0,24	0,65	0,11	0,49	0,14	0,17	0,67

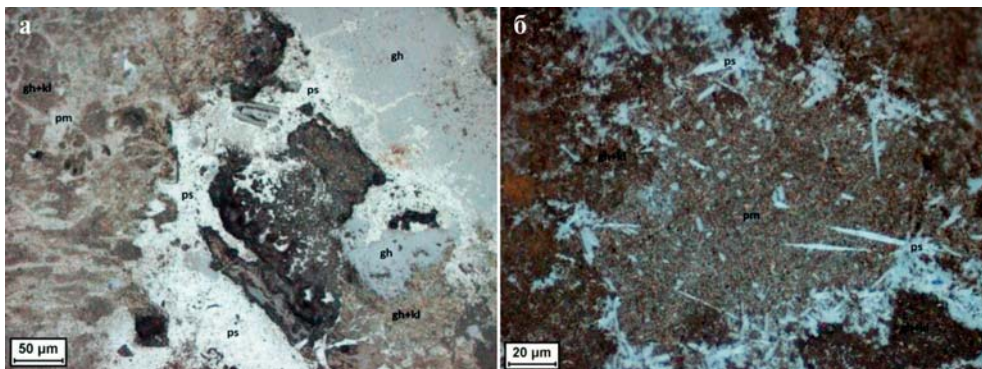


Рис. 1. а — тонкие сростания псиломелана (pm) с гётитом (gt) и каолинитом (kl) в левой части снимка; замещение гётита пиролюзитом (ps) в центральной и правой частях снимка; **б** — тесные сростания пиролюзита с псиломеланом, гётитом и каолинитом. Отраженный свет, николи параллельны

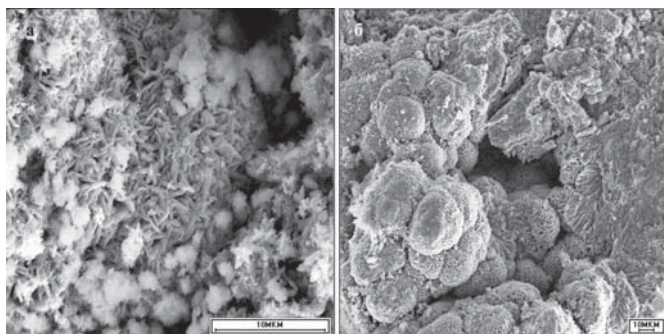


Рис. 2. а — агрегат игольчатых кристаллов пиролюзита, характеризующийся повышенным содержанием Al, Ba, Ti, Ce, Nd. Пустоты между кристаллами заполнены хлопьевидными агрегатами гидроксидов железа; б — пористые сферолитовые образования, сложенные волокнистыми минералами марганца, содержащими примеси Al, S, P, Ca, Ba, Ti, Ce, Nd, Fe, РЭМ

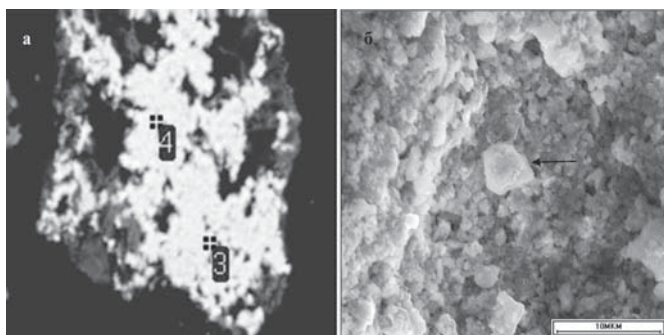


Рис. 3. а — монацит (белое). Изображение в отраженных электронах; б — мелкое выделение монацита (указано стрелкой) в тонком агрегате алюмофосфатов, слоистых алюмосиликатов и гидроксидов железа. РЭМ

ассоциации с гидроксидами железа, минералами группы крадаллита и каолинитом.

Минералы группы крадаллита присутствуют в виде рассеянных тонкокристаллических выделений и сплошных тонкозернистых агрегатов бледно-желтого цвета, образующих струевидные прослойки и гнездо-

видные выделения в руде. Находятся в тесной ассоциации с оксидами и гидроксидами железа и марганца и с каолинитом. Участками развиваются по пирохлору. По данным рентгенографического фазового анализа минералы группы крадаллита представлены голяцитом и флоренситом.

Данные экспериментальных исследований по переработке исходной пробы руды приведены в табл. 3. Проведенные исследования по азотнокислотному двухстадийному автоклавному вскрытию ($\text{CHNO}_3 = 20\%$; температура: 1 стадия — 160°C , 2 стадия — 200°C ; т:ж = 1:4; продолжительность стадии — 1 час) показали, что степень извлечения марганца не превышает 18 %.

В связи с тем, что в марганцевых минералах марганец имеет две степени окисления (+2 и +4) для повышения степени извлечения марганца в выщелачивающий раствор в качестве восстановителя добавляли пероксид водорода ($\rho_{\text{H}_2\text{O}_2} = 1,116 \text{ г/см}^3$) в количестве 2,5–7,5 %. Введение пероксида водорода изменяет степень окисления марганца в марганцевых минералах с +4 до +2, переводя марганец в кислоторастворимую форму по реакции (1), при этом степень извлечения марганца в раствор возрастает до 95 % (табл. 3), что подтверждается данными рентгенографического анализа кека (опыт № 3) от вскрытия исходной пробы руды (табл. 4), из которых следует, что в кеке практически отсутствуют минералы марганца, имеющего степень окисления +4:



Введение восстановителя в выщелачивающий раствор понижает степень извлечения редкоземельных элементов в среднем на 10–20 %, особенно церия, что связано с окислением церия, входящего в состав монацита и минералов группы крадаллита и имеющего валентность +3 в четырехвалентный церий (Ce^{4+}), соединения которого практически нерастворимы в минеральных кислотах.

Таким образом, проведенные исследования по использованию для переработки редкометалльно-редко-

Таблица 3

Результаты технологических исследований по переработке исходной пробы руды Чуктуконского рудного поля (в числителе — содержание, %; в знаменателе — извлечение в раствор, %)

№ опыта	Выход кека, %	Компонент, элемент										
		MnO	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	Nb ₂ O ₅	La ₂ O ₃	CeO ₂	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	ThO ₂	TiO ₂	Y ₂ O ₃
1	78,9	Без добавления H ₂ O ₂										
		19,29	2,99	55,48	0,27	2,65	3,13	0,24	0,65	0,11	0,49	0,17
		<u>20,00</u> 18,20	<u>3,19</u> 15,82	<u>55,93</u> 20,46	<u>0,27</u> 21,10	<u>0,37</u> 88,98	<u>0,34</u> 91,43	<u>=</u> 100	<u>0,11</u> 86,65	<u>0,02</u> 85,65	<u>0,57</u> 8,22	<u>0,04</u> 81,44
2	61,7	2,5 % H ₂ O ₂										
		<u>13,70</u> 56,18	<u>2,62</u> 45,94	<u>65,01</u> 27,70	<u>0,43</u> 1,74	<u>0,96</u> 77,65	<u>1,48</u> 70,83	<u>0,11</u> 71,72	<u>0,17</u> 83,86	<u>0,04</u> 77,56	<u>0,70</u> 11,86	<u>0,12</u> 56,45
3	50,8	5 % H ₂ O ₂										
		<u>1,74</u> 95,42	<u>3,65</u> 37,99	<u>75,95</u> 30,50	<u>0,45</u> 15,33	<u>0,54</u> 89,65	<u>1,94</u> 68,51	<u>0,14</u> 70,37	<u>0,34</u> 73,43	<u>0,08</u> 63,05	<u>0,80</u> 17,06	<u>0,07</u> 79,08
4	52,4	7,5 % H ₂ O ₂										
		<u>2,04</u> 94,45	<u>3,16</u> 44,62	<u>72,71</u> 31,30	<u>0,54</u> —	<u>0,89</u> 82,40	<u>2,40</u> 59,82	<u>=</u> 100	<u>0,34</u> 72,59	<u>0,10</u> 52,36	<u>0,83</u> 11,24	<u>0,06</u> 81,50

Таблица 4
Минеральный состав кека от вскрытия исходной пробы руды

№	Минерал	Теоретическая формула	Содержание, масс. %
1	Гётит	$\text{Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$	76
2	Монацит	$(\text{Ce}, \text{La}, \text{Y}, \text{Sc})^{+3}\text{PO}_4$	7
3	Минерал группы крандаллита	$\text{RAI}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_6$, где $\text{R}=\text{Ca}, \text{K}, \text{Ce}, \text{Ba}, \text{Sr}, \text{Pb}$	3
4	Пирохлор	$(\text{NaCa})_2\text{Nb}_2\text{O}_6(\text{OH}, \text{F})$	4
5	Рутил+анатаз	TiO_2	1
6	Минералы группы псиломелана	$m\text{Mn}^{2+}\text{O} \cdot \text{Mn}^{4+}\text{O}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	3
7	Пиролозит	MnO_2	–
8	Каолинит	$\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_8$	1
9	Кварц	SiO_2	1
10	Рентгеноаморфная фаза		4

земельных руд автоклавной азотнокислотной двухстадийной технологии с введением в выщелачивающий раствор восстановителя показали, что окислительно-восстановительные реакции в системе $\text{Mn}^{+4/+2}$ и $\text{Ce}^{+3/+4}$ — кислота — H_2O_2 обеспечивают повышение степени извлечения в раствор марганца при частичной потере РЗЭ вследствие окисления церия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин, В.И. Переработка руд месторождений кор выветривания карбонатитов — будущее редкометаллической промышленности России / В.И. Кузьмин, В.Г. Ломаев, Г.Л. Пашков и др. // Цветные металлы. — 2006. — № 12. — С. 62–68.
2. Кузьмин, В.И. Технологические аспекты переработки редкометаллических руд Чукотского месторождения / В.И. Кузьмин, В.Г. Ломаев, В.Н. Кузьмина и др. // Химия в интересах устойчивого развития. — 2010. — № 18. — С. 331–338.

© Лихникевич Е.Г., Пермякова Н.А., Сычева Н.А., 2016

Лихникевич Елена Германовна // Likhnikievich@mail.ru
Пермякова Наталия Анатольевна // permyakovana@mitht.ru
Сычева Надежда Александровна // nel-nadya@mail.ru

УДК 622. 24.051.01.5

Спирин В.И.¹, Будюков Ю.Е.¹, Соловьев Н.В.² (1 — АО «Тулское научно-исследовательское геологическое предприятие», 2 — МГРИ-РГГРУ)

СОЗДАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМПЛЕКСОВ АЛМАЗНОГО ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ БУРЕНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН

Обобщены материалы исследований по вопросам создания и совершенствования алмазного породоразрушающего инструмента для бурения геологоразведочных скважин с учетом применения технических решений по авторским патентам на изобретения и полезные модели. При этом анализируется алмазный инструмент, созданный для различных условий и способов бурения. Приведены результаты производственных испытаний созданного алмазного породоразрушающего инструмента. **Ключевые слова:** исследование, разработка, алмазный инструмент, патент, изобретение, показатели, технология, изготовление.

Spirin V.I., Budyukov Yu.E. (Tula scientific-research geologic enterprise), Soloviev N.V. (MGRI-RGGRU)

THE CREATION AND IMPROVEMENT OF COMPLEXES OF DIAMOND ROCK CUTTING TOOL FOR DRILLING OF EXPLORATION WELL

*There was generalized the studies on the establishment and improvement of diamond rock cutting tool for drilling exploration wells, applying the technical solutions according to author patents for inventions and useful models. The analysis was conducted of diamond tool, designed for various conditions and methods of drilling. It was given the results of production tests created diamond rock cutting tool. **Keywords:** research, development, diamond tool, patent, invention, performance, technology, manufacturing.*

Традиционно АО «Тулское НИГП» работает в области создания и производства алмазного породоразрушающего инструмента (АПРИ) различного назначения. Начиная с 1968 г. и по настоящее время акционерное общество занимает ведущее положение среди производителей и поставщиков алмазного породоразрушающего инструмента России. Выполняет законченный цикл работ по созданию эффективного АПРИ, начиная с модернизации выпускаемого инструмента и завершая разработкой нового, его изготовлением, поставкой и технологическим сопровождением на производственных объектах.

В процессе создания АПРИ и совершенствовании технологии его изготовления используются технические решения по авторским свидетельствам и патентам на изобретения и полезные модели, благодаря чему инструмент отличается повышенной работоспособностью и обеспечивает высокое качество работ. В АО «Тулское НИГП» создано свыше 150 технических решений в виде авторских свидетельств и патентов на изобретения и полезные модели, которые использовались при создании и совершенствовании АПРИ.

Перспективным способом сооружения скважин является их проходка с применением алмазного породоразрушающего инструмента, в том числе и специального, предназначенного для бурения с отбором керна прогрессивными техническими средствами в сложных горно-геологических условиях: снарядами со съёмными кернаприемниками (КССК, ССК), снарядами для бурения с гидротранспортом керна (КГК), эжекторными снарядами, одинарными колонковыми снарядами с применением сжатого воздуха и пен, а также для бескернового и направленного бурения бесклиновыми снарядами. Существенное повышение геологической информативности бурения и эффективности технологии сооружения буровых скважин различного назначения в сложных геолого-технических условиях зависит от уровня научного обоснования основных конструктивных параметров специального алмазного породоразрушающего инструмента (САПРИ) и технологии его применения.

Вопросы повышения производительности качества и экономичности бурения путем создания, внедрения и совершенствования САПРИ имеют постоянную актуальность [1–4].

Начиная с 1970-х годов рост эффективности колонкового бурения связан с освоением и широким внедрением способа бурения снарядами со съёмными кернаприемниками (КССК, ССК), позволяющими существенно сокра-