

2) *на стадии предварительного обогащения* резкое уменьшение объема перерабатываемой шеелитовой руды и повышение ее качества за счет применения рентгенорадиометрической сепарации в голове процесса обогащения. Высокая контрастность руды является основной предпосылкой для сокращения объема горнорудной массы и повышения содержания WO_3 в руде в 1,3–1,8 раза. Перспективна проработка варианта размещения цеха крупного дробления и рентгенорадиометрической сепарации непосредственно под землей в одной из камер выработанного пространства. При этом вдвое уменьшится объем выдаваемой на гора руды. Отвальный продукт сортировки и хвостовой продукт сепарации может использоваться для закладки выработанного пространства;

3) *на стадии глубокого обогащения:*

— усовершенствование процессов рудоподготовки с целью уменьшения шламообразования при дроблении и измельчении, т.е. создание условий, при которых происходит максимальное раскрытие рудных минералов с минимальным переизмельчением;

— внедрение операции тонкого грохочения в узле цикла измельчения взамен гидравлической классификации, способствующей значительному снижению (на 4–5 %) ошламованию шеелита в питании флотации;

— разработка рациональной гравитационно-флотационной технологии обогащения крупнозернистых руд с использованием высокопроизводительного оборудования (центробежных концентраторов, центробежных отсадочных машин);

— интенсификация флотации тонковкрапленных шеелитовых руд путем усовершенствования реагентного режима (использование более селективных реагентов — собирателей и т.д.);

— повышение комплексности использования сырья за счет разработки условий селекции коллективного сульфидного концентрата;

— поиск новых направлений использования промпродуктов, шламов и хвостов обогащения;

4) *на стадии химико-металлургической переработки:*

— разработка перспективных технологий переработки промпродуктов и шламов обогащения гидрometаллургическими или химическими способами с извлечением всех ценных компонентов;

— определение оптимальной глубины обогащения, от которого в конечном итоге зависит рациональность и комплексность использования сырья, максимальное извлечение вольфрама в конечную продукцию и экономическая эффективность полного цикла переработки руд от добычи до металлургии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Броницкая, Е.С. Современное состояние и перспективы развития технологии обогащения шеелитовых руд России / Е.С. Броницкая, М.В. Иванова, С.И. Ануфриева, И.В. Чепрасов / Рений, вольфрам, молибден. Научные исследования, технологические разработки, промышленное применение: Сб. материалов Международной научно-практической конференции. — М.: ОАО «Институт «ГИНЦВЕТ-МЕТ», 24–25 марта 2016.

2. Броницкая, Е.С. Разработка малоотходной технологии обогащения различных типов шеелитосодержащих руд / Е.С. Броницкая, Л.А. Грекулова, С.И. Иванков // Научные и технологические аспекты охраны окружающей среды. — 2005. — № 6. — С. 25–53.

3. Броницкая, Е.С. Современное состояние и проблемы малоотходной технологии обогащения вольфрамовых руд / Е.С. Броницкая, С.И. Иванков, И.В. Фуки // Научные и технологические аспекты охраны окружающей среды. — 2005. — № 6. — С. 2–25.

4. Гетманская, Т.И. Вольфрамовые руды России: состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы / Т.И. Гетманская, В.М. Бороданов, Е.С. Броницкая. — М.: ВИМС, 2008. — 15 с.

5. Иванова, М.В. Минералого-технологическая оценка вольфрамовой руды рудопроявления Кордонное / М.В. Иванова // Сб. материалов Конференции молодых специалистов в области технологии минерального сырья проходящей в рамках «IX Конгресса обогатителей стран СНГ». — М., 26–28 февраля 2013. — С. 71–73.

6. Лаптева, А.М. Минерально-сырьевая база вольфрама: состояние и перспективы развития / А.М. Лаптева // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2015. — № 6. — С. 13–21.

7. О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2015 году: Государственный доклад. — М.: Минприроды России. — 2016. — 341 с.

8. Саматова, Л.А. Разработка теоретических основ селективной флотации кальцийсодержащих минералов, входящих в состав руд Приморских месторождений / Л.А. Саматова, Л.А. Киенко, О.В. Воронова, Л.Н. Плюснина // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2005. — Т. 12. — № 3. — С. 273–286.

© Коллектив авторов, 2018

Броницкая Елена Сергеевна // vims@df.ru
Ануфриева Светлана Ивановна // anufrieva.05@mail.ru
Иванова Маргарита Валерьевна // margo_898989@mail.ru
Лаптева Анна Михайловна // lapteva@vims-geo.ru

УДК 622.7.016.3:543.22

Рябкин В.К. (ФГБУ «ВИМС»)

К ПРОБЛЕМЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЬНОСТИ ЛАБОРАТОРНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

*Рассматривается актуальная проблема обеспечения представительности отбора лабораторных технологических проб при поисково-оценочных и разведочных работах. Предлагается сравнивать статистические распределения содержания полезного компонента генеральной совокупности интервалов опробования руды технологического типа и технологической пробы в виде интегральных распределений. Подобие этих распределений при заданном допустимом отклонении средних содержаний служит критерием представительности пробы руды технологического типа. **Ключевые слова:** технологическая проба, масса, технологический тип, разубоживание, опробование.*

Ryabkin V.K. (VIMS)

ABOUT THE PROBLEM OF SAMPLE SELECTION OF LABORATORY TECHNOLOGICAL SAMPLES OF SOLID OF MINERAL RESOURCES

An actual problem of ensuring the representative character of the selection of laboratory technological samples for search and evaluation and exploration works is considered. Integral distributions for a given permissible deviation of the average contents of a valuable component serves as a criterion for the

representative character of a sample of ore of technological type. Keywords: technological sample, mass, technological type, dilution, sampling.

Проблема отбора технологических проб заключается в отсутствии научно обоснованного обеспечения представительности проб руды, направляемой на обогащение и дальнейшую переработку. Само понятие руда определяется как масса полезного ископаемого, из которого в данное время экономически целесообразно извлекать ценные компоненты. Руда в недрах, выделяемая на стадии оценки или оконтуренная с применением утвержденных кондиций на стадии разведки, не соответствует добываемой горнорудной массе (ГРМ) вследствие внутриконтурного, внеконтурного разубоживания и засорения вмещающими породами при ее отработке. Это учитывается при подсчете запасов введением коэффициента разубоживания для перевода геологических запасов в эксплуатационные. В случаях применения при разведке и добыче экспресс-опробования ГРМ в транспортных емкостях на рудоконтролирующих станциях (РКС) производится крупнопорционная сортировка, которая обеспечивает отделение отвальной породы и забалансовой руды с получением *кондиционной* руды, поступающей в качестве *исходной* руды на обогащение. При отсутствии сортировки вся горнорудная масса направляется на обогащение.

Необходимость учета разубоживания (засорения), изменчивости содержания полезных компонентов в пределах контуров рудных тел, а также текстурно-структурных особенностей руды, влияющих на технологию обогащения, существенно осложняет технологию отбора представительных технологических проб. Вполне очевидно, что погрешности представительности приводят к серьезным последствиям при разработке технологии в техническом проекте предприятия. Едва ли не повсеместное систематическое пренебрежение требованиями, предъявляемыми к актам отбора и паспортам проб, приводит к субъективизму в оценке представительности проб.

Основные задачи технологического изучения руд решаются при лабораторных испытаниях типовых, сортовых и укрупненно-лабораторных технологических проб. Для руд, не имеющих аналогов, а также труднообогатимых руд, сложных по составу, требуются исследования полупромышленных проб на специализированных установках или опытных фабриках.

Технологическая проба должна отвечать по своему составу и свойствам руде выделенного в процессе геологоразведочных работ (ГРР) промышленного (технологического) типа, а по качеству соответствовать кондиционной руде в эксплуатационных запасах для технологии предполагаемой системы разработки. Полностью требования представительности могут быть выполнены только при отборе полупромышленных проб в условиях опытно-промышленной отработки с контролем отбиваемой горнорудной массы на РКС, когда при сортировке отделяется отвальная порода и некондиционная руда. На всех стадиях ГРР,

кроме детальной и эксплуатационной разведки, сортировка на РКС не используется, поэтому в технологическую пробу отбирается *условно отождествляемая с кондиционной рудой горнорудная масса* при соблюдении целого ряда требований для обеспечения представительности пробы, учитывающих:

- особенности распределения основных и наиболее важных попутных компонентов в эксплуатационных запасах руд промышленного (технологического) типа;

- минерально-петрографический и химический составы руды с учетом их пространственной изменчивости;

- текстурно-структурные особенности с гранулярной характеристикой рудных и породообразующих минералов;

- приконтактные изменения руд вследствие метасоматоза;

- характер и интенсивность изменения руд в зоне окисления;

- содержание «вредных» компонентов, влияющих на технологические процессы;

- внутриконтурное и внеконтурное разубоживание с учетом засорения пустыми породами;

- выделение части породы и забалансовой руды на РКС в случае применения при добыче крупнопорционной сортировки, причем определенная часть вследствие перемешивания с рудой в процессе добычи пополняет объем бедной руды.

Детальность изученности указанных свойств и параметров руды предполагаемого промышленного (технологического) типа на каждом этапе ГРР различна, поэтому на момент исследования их совокупности отвечает только *прогнозная модель* руды данного типа, полученная в результате геологического опробования горных выработок (скважин) при принятом *базовом* интервале осреднения по секциям проб (длиной 1, 2 или 5 м) и технологических исследований малообъемных, лабораторных и укрупненно-лабораторных технологических проб.

Моделью руды технологического типа по содержанию основного компонента может служить статистическое представление в виде распределения частот (относительного количества интервалов с учетом их длины) по диапазонам содержаний компонента, так называемых дифференциальных распределений (рис. 1, 2). Более информативным является представление в виде накопленных частот по верхним границам диапазонов содержаний, так называемые интегральные распределения содержания компонента (рис. 3, 4). Приведенные примеры отвечают часто встречающимся в геологии логарифмически нормальным распределениям (рис. 1, 3) для руд цветных, редких, радиоактивных, благородных металлов и нормальным (рис. 2, 4) для руд черных металлов и неметаллических полезных ископаемых [2]. С использованием принципа суперпозиции частных распределений достоверно могут быть аппроксимированы другие виды распределений.

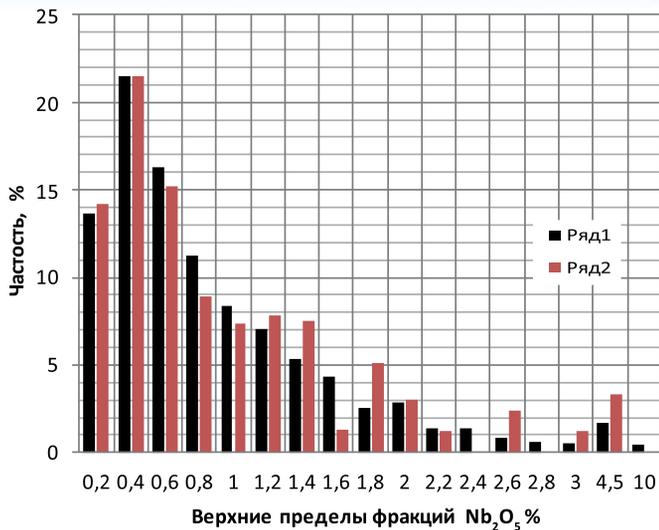


Рис. 1. Дифференциальное распределение интервалов опробования керна скважин по содержаниям Nb_2O_5 в контурах «микроклинитовых руд» Большетагнинского месторождения (ряд 1 $n = 2013$) и в выборке (ряд 2 $n = 72$)

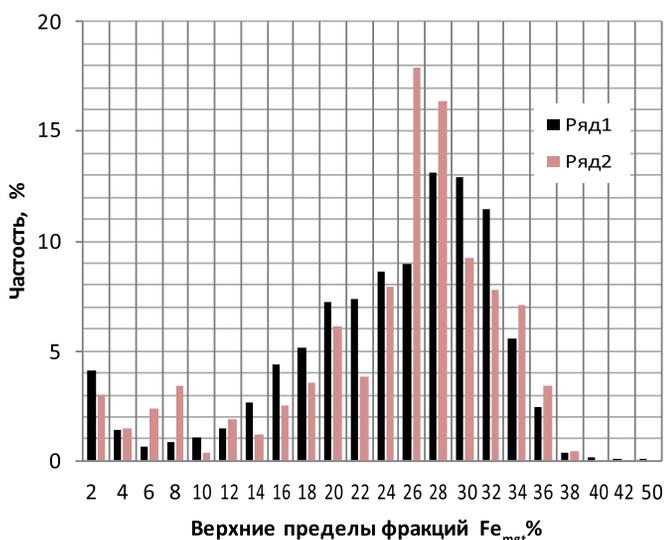


Рис. 2. Дифференциальное распределение интервалов опробования керна скважин по содержаниям Fe_{mgt} в контурах эксплуатационных запасов зоны переслаивания Костомукшского месторождения (ряд 1 $n = 3087$) и по выборке (ряд 2 $n = 49$)

Существенной особенностью функций логнормальных и нормальных интегральных распределений является линейный вид их представления на «вероятностной бумаге» [4], где по оси абсцисс откладываются содержания в десятичном логарифмическом (или линейном) масштабе, а по оси ординат — накопленные частоты в вероятностном масштабе долей σ нормального распределения. Это позволяет аппроксимировать эмпирические интегральные распределения кусочно-линейными функциями, которые объединяются в суперпозицию (наложение) частных распределений. При достаточном количестве интервалов опробования, достоверно характеризующих руду технологического типа (генеральную совокупность) и отбираемую технологическую пробу (выборку), выделяются локальные распределения, соответствующие, например,

бедной, рядовой и богатой руде. На рис. 1 и 3 отчетливо отмечается суперпозиция логнормальных распределений рядовой и богатой ниобиевой руды. На рис. 2 и 4 в генеральной совокупности прослеживается суперпозиция трех нормальных распределений для пластов убогих железистых кварцитов приконтактной зоны, руд среднего и высокого качества, а в выборке — добавление 3 % разубоживания пробы породой.

При совместной интерпретации интегрального и дифференциального распределений возможно определение количества разновидностей (сортов) руды, их соотношения по объемам (выходам при добыче), средних содержаний, моды и медианы для каждой разновидности, а также характера распределения с оценкой стандартного отклонения и коэффициента вариации.

С технологических позиций интегральное распределение представляет собой кривую обогатимости λ руды данного технологического типа для элементарных объемов, определяемых базовым интервалом опробования. По кривой обогатимости с использованием простейших математических соотношений могут быть вычислены все параметры обогащения для порций, кратных элементарному объему [4].

Сравнение интегральных распределений по основному компоненту для принятой на момент изучения генеральной совокупности данных опробования руды и по выборке (как это видно на рис. 2 и 4) дает возможность наглядно в графическом представлении убедиться в представительности пробы по содержанию полезного компонента. Соответственно при оценке представительности выборки предлагается в качестве критериев использовать *допустимое расхождение средних содержаний, зависящее от группы месторождения по сложности строения, и наличие геометрического подобия кусочно-линейных кривых интегральных распределений выборки и генеральной совокупности*. Строго говоря, геометрическое подобие следует определять допустимым отклонением эффективного показателя неравномерности («контрастности»), однако в нашем случае визуальная оценка позволяет лучше отслеживать вклад отдельных сортов руды.

Для учета изменчивости руды по падению и простиранию многолетний опыт работ предлагает компоновку технологической пробы из частных проб с отбором: в 1–3 пунктах при равномерном, в 5–6 при неравномерном и в 8–12 при весьма неравномерном оруденении.

В типовых лабораторных пробах соблюдаются соотношения технологических сортов руд, обеспечивается присутствие соответствующей части материала внутри- и внеконтурного разубоживания, принимаемого в эксплуатационных запасах. При отборе проб на оценочной стадии работ величина разубоживания принимается по единым нормам технологического проектирования или устанавливается по аналогии с эксплуатируемыми месторождениями такого же промышленного типа. На стадии разведки величина разубоживания принимается по показателю временных кондиций. Разубоживающие породы должны быть от-

биты в процессе отбора технологической пробы совместно с ее рудной частью. Недопустимо примешивание в пробу пустых пород, взятых отдельно не на контакте рудных тел.

Технологическая проба может характеризовать собственно технологический тип или смесь технологических сортов (шихту) в их природном соотношении. Во втором случае отбор целесообразно производить отдельно по сортам с соблюдением одинаковых принципов отбора, а затем объединять их пропорционально запасам или условиям шихтовки.

Для предварительного крупнокускового обогащения с использованием методов радиометрической сепарации крупнотоннажные полупромышленные или укрупненно-лабораторные пробы должны отвечать усредненному гранулометрическому составу горнорудной массы при взрывной отбойке подземной добычи с использованием типового паспорта буровзрывных работ или горнорудной массы после крупного дробления при открытой добыче. Масса полупромышленных технологических проб колеблется в широких пределах и зависит главным образом от производительности опытной установки и времени переработки руды, необходимых для получения представительных данных по производительности оборудования и составления технологического баланса металлов.

При изучении радиометрической обогатимости руд на лабораторных пробах обеспечить представительное распределение кускового материала по классам крупности не удастся. Поэтому при отборе материала выполняется требование сохранения максимальной крупности куска (не более 200 мм) с обязательным сбо-

ром образовавшейся мелочи ($-25+0$ мм). Количество мелочи не должно превышать 15–30 % массы пробы в зависимости от физико-механических свойств руды. Верхний предел крупности и надежная масса пробы при заданной степени неравномерности распределе-

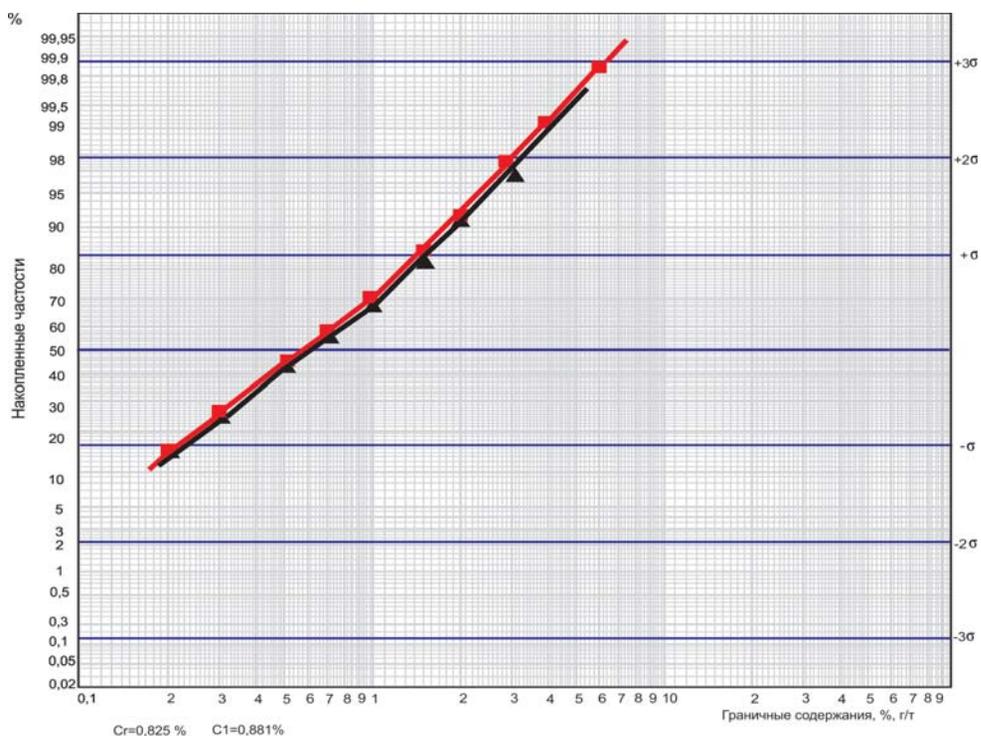


Рис. 3. Интегральные распределения интервалов опробования «микрелиновой руды» Большетагинского месторождения по содержанию Nb_2O_5 : по (■) — для генеральной совокупности $n = 2013$ и по (▲) — для выборки $n = 72$

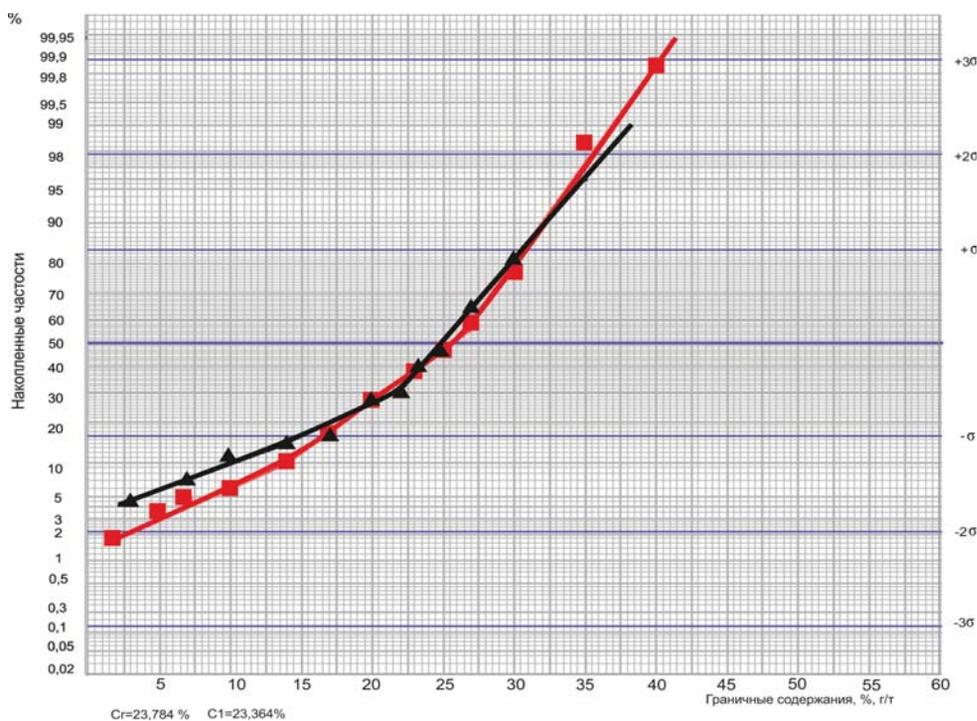


Рис. 4. Интегральные распределения интервалов опробования магнетитовой руды зоны переслаивания Костомукшского месторождения по содержанию Fe_{mgt} : по (■) — для генеральной совокупности $n = 3087$ и по (▲) — для выборки $n = 49$

ния рудного компонента, определяются условиями, предлагаемыми эмпирической формулой Чечотта [3]:

$$d = \sqrt[2]{P/k},$$

где: P — масса пробы в кг, k — коэффициент пропорциональности, равный 0,05 для равномерного; 0,1 для неравномерного; 0,2 весьма неравномерного и 0,5 кг/мм² крайне неравномерного оруденения [1]; d — диаметр куска в мм по верхнему пределу максимального класса крупности.

Например, для лабораторной пробы массой 1 т при неравномерном оруденении верхний предел крупности составляет 100 мм. Более крупные куски учитываются по массе и дробятся до — 100 мм.

Масса лабораторной пробы должна обеспечивать наработку достаточного количества продуктов радиометрического обогащения для последующих исследований методами глубокого обогащения.

Рассмотренные положения использованы при составлении Методических рекомендаций № 102 «Отбор технологических проб при геологоразведочных работах на рудные полезные ископаемые», утвержденных НСОМТИ ВИМС 31.10.2014 г., в интернет версии которых прилагается оригинальная программа обработки данных геологического опробования «Gauss Approximation» (разработчик Киселев М.С.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Альбов, М.Н. Опробование месторождений полезных ископаемых / М.Н. Альбов. — М.: Недра, 1975. — 232 с.
2. Давид, М. Геостатистические методы при оценке запасов руд: Пер. с англ. / М. Давид. — Л.: Недра, 1980. — 360 с.
3. ОСТ 48-287-87. Требования к технологическим пробам, поступающим на исследования по обогащению. Отраслевой стандарт. Руды цветных и редких металлов. МЦМ СССР, 1984. — 24 с.
4. Пухальский, Л.Ч. Рудничная геофизика / Л.Ч. Пухальский. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 120 с.

© Рябкин В.К., 2018

Рябкин Виктор Константинович // rmo-vims@mail.ru

УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОНОМИКА

УДК [(062.552):550.822.3] (470)

Попов Е.В., Палаткин Д.В., Алискеров В.А.,
Комаров М.А. (ФГБУ «Росгеолфонд»)

О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СЕТИ СБОРА И ХРАНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ВЕЩЕСТВЕННЫХ НОСИТЕЛЕЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Рассматриваются результаты работы организаций по созданию единой системы хранения и использования керн; необходимости формирования сети государственных специализированных кернохранилищ (ГСК) и разработки инструктивно-методических документов, обеспечивающих формирование и ведение фондов кернового материала в соответствии с требованиями Закона РФ «О недрах»; предлагается для усиления контроля за сбором и хранением керна определить головную организацию по координации работы ТФГИ и других организаций, осуществляющих функции ГСК. **Ключевые слова:** вещественный носитель информации, керн скважин, система хранения, кернохранилище, фонд кернового материала.

Popov E.V., Palatkin D.V., Aliskerov V.A., Komarov M.A.
(Rosgeolfond)

ABOUT THE IMPROVEMENT OF THE NETWORK FOR THE COLLECTION AND STORAGE OF NATURAL MATERIAL CARRIERS OF GEOLOGICAL INFORMATION

Review of the results of the work of organizations on the creation of a single system of storage and use of core; the need for the formation of a network of state specialized core stor-

age facilities (GSK) and the development of instructive and methodological documents that ensure the formation and maintenance of core stocks in accordance with the requirements of the RF Law «On Subsoil»; it is proposed to determine the head organization for coordinating the work of the TFGI and other organizations that carry out the functions of the GSK to strengthen control over the collection and storage of the core. **Keywords:** material carrier of information, core of wells, storage system, core storage facility, fund of core material.

Природный каменный материал является важнейшим источником получения первичной геологической информации о недрах.

При геологическом изучении недр и воспроизводстве минерально-сырьевой базы различных видов полезных ископаемых отбирается каменный материал, являющийся источником геологической информации на вещественных носителях. Керн скважин, образцы пород и руд, шлифы и аншлифы, шлихи, шлам и пробы являются основой для получения первичной геологической информации о недрах. Ценность их постоянно растет вследствие развития информационных технологий и новых аналитических методов изучения.

В России за многие годы проведения геологоразведочных работ накоплены огромные объемы вещественных носителей информации, которые хранятся в кернохранилищах на федеральном, региональном, территориальном и локальном уровнях различными организациями, предприятиями и учреждениями государственной и иных форм собственности и подчиненности. Собранные материалы образовали огром-