

УДК 542.2: 622.2.7 (502.7):550.8

А.В.БОРТНИКОВ, канд.техн. наук, главный специалист, (812) 331-02-56
А.Д.САМУКОВ, зав. технологическим отделом, samukov_ad@npk-mt.spb.ru
А.С.СТЕПАНЯН, зам. генерального директора, stepanyan_as@ npk-mt.spb.ru
ОАО «НПК «Механобр-техника», Санкт-Петербург
А.О.МЕЗЕНИН, аспирант, (812) 331-02-44
Национальный минерально-сырьевая университет «Горный», Санкт-Петербург

A.V.BORTNIKOV, PhD in eng. sc., chief expert, (812) 331-02-56
A.D.SAMUKOV, head of technological department, samukov_ad@npk-mt.spb.ru
A.S.STEPANYAN, assistant to the general director, stepanyan_as@ npk-mt.spb.ru,
Mekhanobr-Tekhnika Research and Engineering Corporation, Saint Petersburg
A.O.MEZENIN, post-graduate student, (812) 331-02-44
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Рассмотрены основные задачи исследования рудного сырья, для решения которых требуется специальное лабораторное оборудование. Показаны условия, необходимые для определения крупности и массы пробы, и операции, включающие подготовку проб, определение измельчаемости, обогащения продуктов дробления и измельчения, выполнение которых обеспечивает изучение характеристик сырья и технологии обогащения. Приведены схемы пробоподготовки (для минералогических, фазовых и вещественных анализов) и обогащения и рекомендуемый оптимальный набор лабораторного оборудования для их выполнения.

Ключевые слова: лабораторное оборудование; комплектация; пробоподготовка; представительность пробы; обогащение; исследования; анализ.

LABORATORY EQUIPMENT FOR RESEARCH IN MINERAL PROCESSING

Main tasks of ore raw material study, requiring special laboratory equipment, are considered. Conditions are described, that are required for determination of sample mass and material size, as well as the operations, that include sample preparation, determination of grindability, crushing and grinding products concentration, through implementation of which, raw material characteristics study and processing technology development are accomplished. Sample preparation procedures (for mineralogical, phase and substantial analyses), laboratory ore-dressing flow sheets, as well as the recommended optimal set of laboratory equipment for their implementation, are described.

Key words: laboratory equipment, complete equipment set, sample preparation, sample representativeness, concentration, studies, analysis.

Россия является крупнейшей в мире сырьевой базой, на территории которой ежегодно добывают около 1,5 млрд т горной массы с целью извлечения полезных ископаемых.

Для проведения исследований по экологически безопасной добыче, геологиче-

ской разведке, оценке запасов и переработке твердых полезных ископаемых требуется лабораторное оборудование для решения следующих задач:

- разработка технологии рудоподготовки, обогащения и получения необходимых

данных для выбора оборудования, проведения полупромышленных и промышленных испытаний с последующим проектированием обогатительных фабрик;

- разработка новых технологических схем и режимов для совершенствования технологии рудоподготовки и обогащения руд на действующих предприятиях, а также испытания новых машин и реагентов.

Решение этих основных задач осуществляется посредством выполнения ряда операций: дробление, измельчение, грохочение, сокращение, сепарация по свойствам материала; классификация, флотация, обезвоживание продуктов обогащения.

Представительность пробы определяется ее массой, которая зависит от крупности материала и равномерности распределения полезного компонента в руде в соответствии с формулой [2, 4]

$$M = kd^2,$$

где M – масса представительной пробы, кг; k – коэффициент равномерности распределения компонента; d – наибольший диаметр частиц, мм;

Значения коэффициента k представлены в таблице, из которой следует, что $k = 0,2$ можно применить для всех руд черных, цветных и редких металлов, включая золотые, с равномерным распределением мелкого золота.

Исходя из этого для большинства руд крупностью 100-150 мм представительность пробы будет определяться массой в 2-4,5 т.

Для руд меньшей крупности и с равномерным распределением компонентов масса пробы, определяющая ее представительность, существенно сокращается. Например, представительность лабораторной технологической пробы крупностью 35-40 мм, охватывающей все варианты технологических испытаний, ограничивается требуемой массой 320 кг.

Общая схема подготовки технологической пробы (рис.1), включает следующие операции [1, 3, 4]:

1) сокращение крупности материала (дробление, измельчение), применяемого для подготовки проб к обогатительным операциям, элементным, фазовым и минералогическим анализам путем раскрытия минеральных зерен, а также для проведения исследований по дробимости и измельчаемости и непосредственного получения требуемых кондиционных (например, строительных) материалов и порошков различного назначения;

2) классификация материалов по крупности (грохочение, мокрая классификация), применяемая при дроблении и измельчении материалов на стадии подготовки проб для анализов и обогатительных операций, а также при исследовании дробимости, измельчаемости и подготовке кондиционных материалов и порошков;

3) сепарация материалов по магнитным и электрическим свойствам, используемая на материалах разной крупности в одну и несколько стадий обогащения сухим и мокрым способом на всех железосодержащих, алмазосодержащих и других типах руд;

Значение k в уравнении $M = kd^2$ [2, 4]

Категория общей классификации металлических руд	Номер группы золотых руд	Руды черных, цветных и редких металлов	Руды благородных металлов	Значение коэффициента k
I	–	Весьма однородные руды	–	0,05
II	–	Руды с равномерным распределением компонента	–	0,10
III	1	Неравномерные руды	Весьма равномерные золотые руды с мелким золотом	0,2
IV	2	–	Неравномерные золотые руды с наличием, наряду с мелкими, средних золотин (до 0,6 мм)	0,4
V	3	–	Весьма неравномерные золотые руды с наличием, наряду с мелкими и средними, крупных золотин (более 0,6 мм)	0,8-1,0

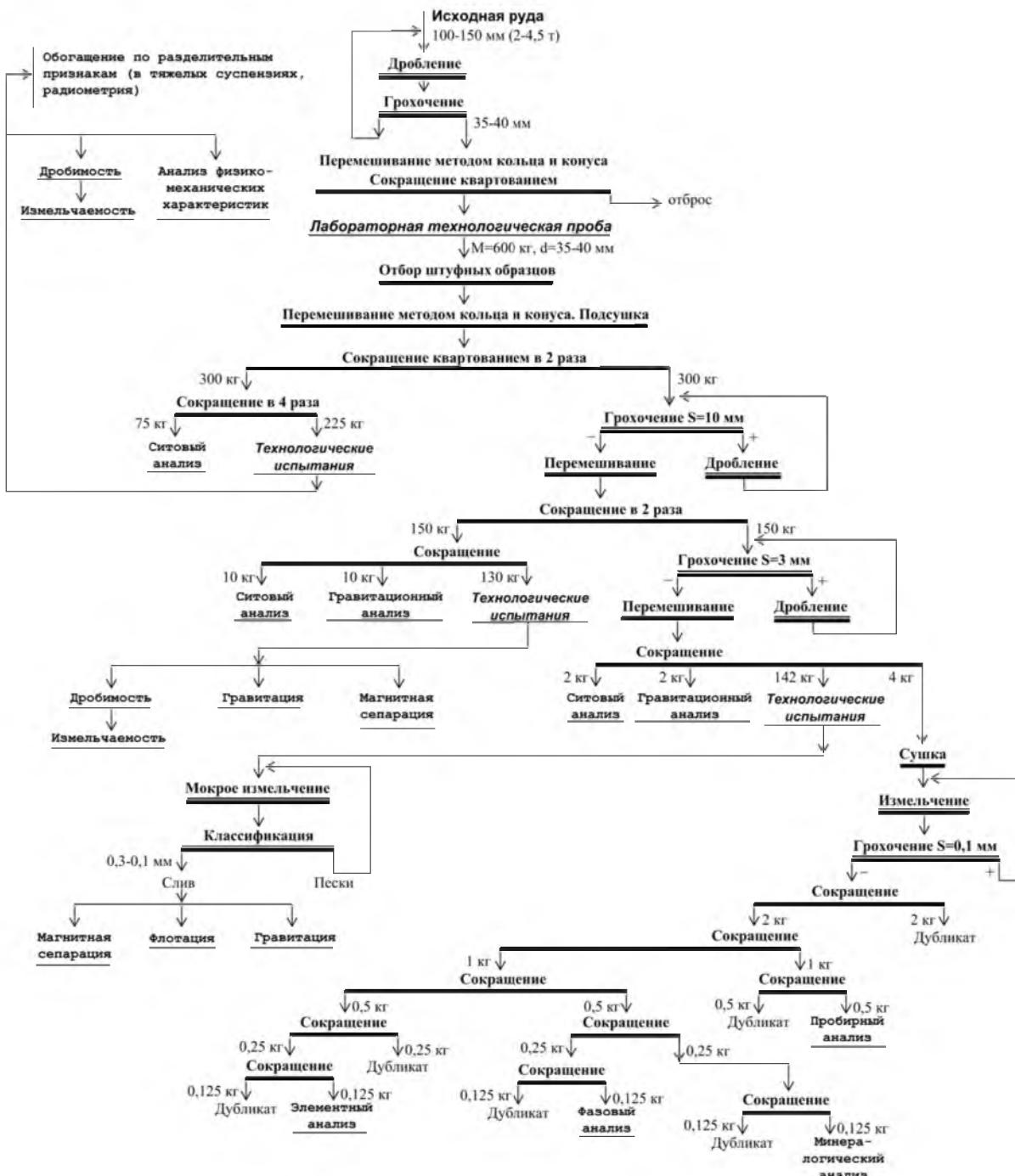


Рис. 1. Схема подготовки технологической пробы

4) сепарация материалов по гравитационным свойствам на жидкых материалах разной крупности в качестве основной и доводочной операций на большинстве золотосодержащих, вольфрамосодержащих и других типах руд;

5) сепарация материалов по флотационным свойствам на большинстве руд цветных металлов и других типов руд в

качестве основной, контрольной и перечистной операций.

6) для разделения суспензий (обезвоживания) продуктов обогащения, применяемых на большинстве обогатительных фабрик.

Лабораторное оборудование должно комплектоваться с учетом исходной крупности и массы представительной пробы, схемы пробоподготовки и обогащения, рациональ-

ной производительности агрегатов, требуемых для исследований исходной и конечной крупности материала, обоснованного режима исследований, высокой эффективности работы применяемого оборудования.

Рассмотрим подготовку проб для технологических исследований и производства анализов (минералогического, фазового, эле-

ментного) исходя из максимально возможной крупности кусков для дробления оборудованием лабораторного масштаба (рис.2). В этом случае потребуется представленный на схеме набор оборудования.

В зависимости от размеров вкрапленности полезных компонентов процессы обогащения могут осуществляться при различной

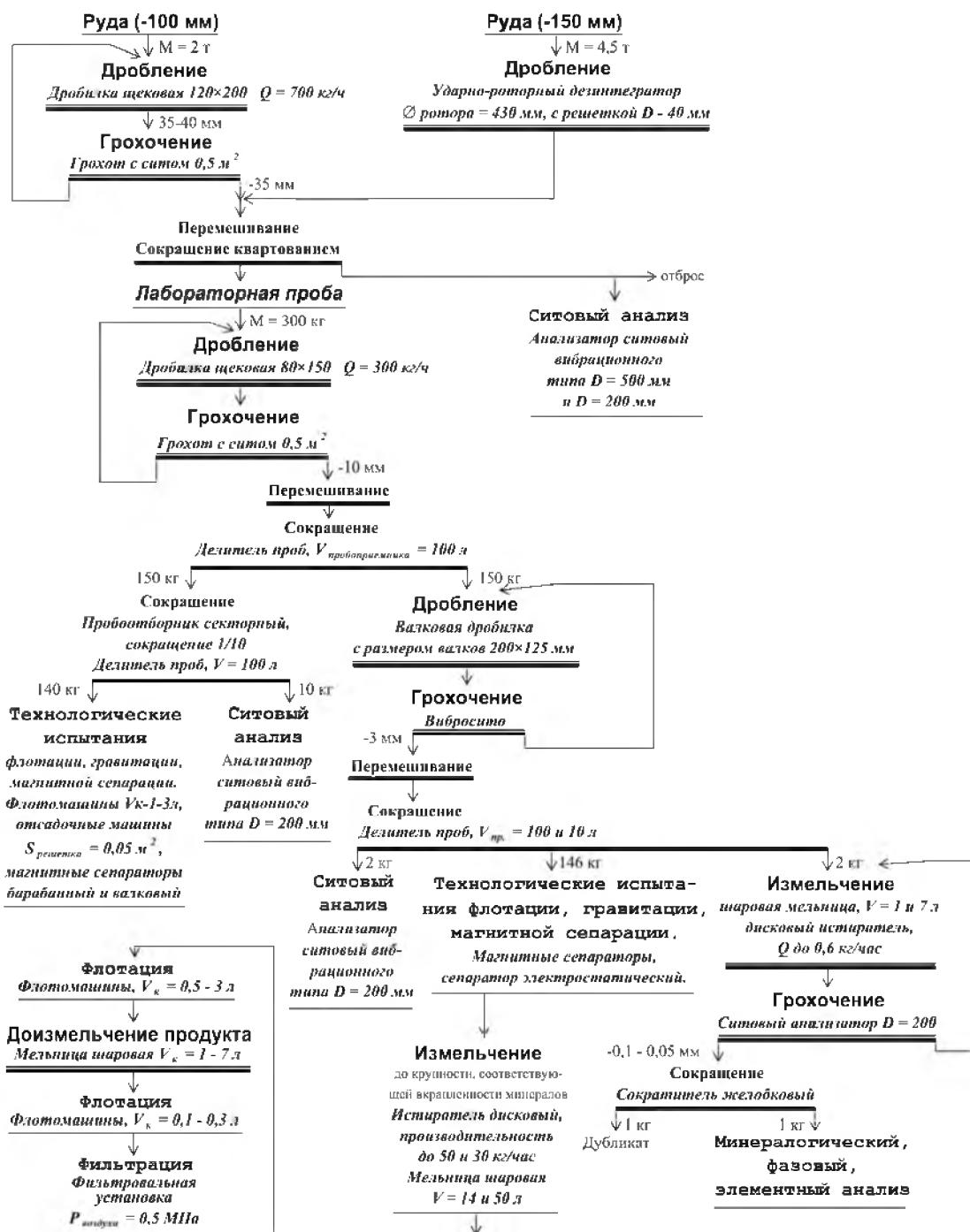


Рис.2. Схема подготовки сухих проб для технологических и аналитических исследований с примерным набором лабораторного оборудования

крупности продукта измельчения (дробления) и в несколько стадий. В частности, процесс гравитации и магнитной сепарации зачастую осуществляется при показанной крупности 10 мм для извлечения крупных включений полезных компонентов, магнитная сепарация при этом может осуществляться как мокрым, так и сухим способом.

При дальнейшем сокращении крупности перерабатываемого сырья (в данном случае хвостов гравитации и магнитной сепарации) осуществляется вторая, а иногда и третья стадии гравитационного и магнитного обогащения с использованием аппаратов других типов.

Дробимость и измельчаемость изучается с целью определения прочности руды, сопротивляемости ее разрушению, критерием которой служит удельная потребляемая мощность и индекс полезной работы, оцениваемый удельными энергозатратами и крупностью исходного и дробленого (измельченного) продукта. При измельчении также учитывается удельная производительность мельницы по готовому классу крупности. Эти данные используются при проектировании для выбора промышленного оборудования.

Исследование дробимости может осуществляться на дробилках полупромышленного и лабораторного масштаба. При крупности 75-35 мм используют щековые дробилки, при крупности менее 20 мм – валковые или конусные.

Рационально для этой цели использовать руду подготавливаемой общей лабораторной пробы крупностью –35 и –10 мм (рис.1 и 2). В этом случае можно применять рекомендуемое в схеме пробоподготовки (рис.2) лабораторное оборудование. При этом продукты дробления могут быть использованы для проведения исследований измельчаемости руды после составления требуемых навесок из этого материала по схемам рис.3.

На дробилках и мельницах в период проведения исследований учитывается расход электроэнергии по трехфазным счетчикам и регистрируется потребляемая мощность с использованием ваттметра.

Измельчение может осуществляться в мельнице периодического действия в открытом и замкнутом циклах. В первом случае при разном времени работы выполняется полный ситовой анализ продукта измельчения на ситовом анализаторе и рассчитывается удельная производительность по классу –0,074 мм при разном времени измельчение. Во втором случае производится имитация замкнутого цикла путем отсея продукта измельчения последовательно на ситах с размером ячеек от 0,8 до 0,1 мм, а при необходимости до 0,074 и 0,044 мм и возвращения его для загрузки в мельницу в последующем цикле. Для этой цели нужно использовать грохот со сменными сетками, указанными выше, и ситовый анализатор для изучения гранулометрического состава продуктов измельчения.

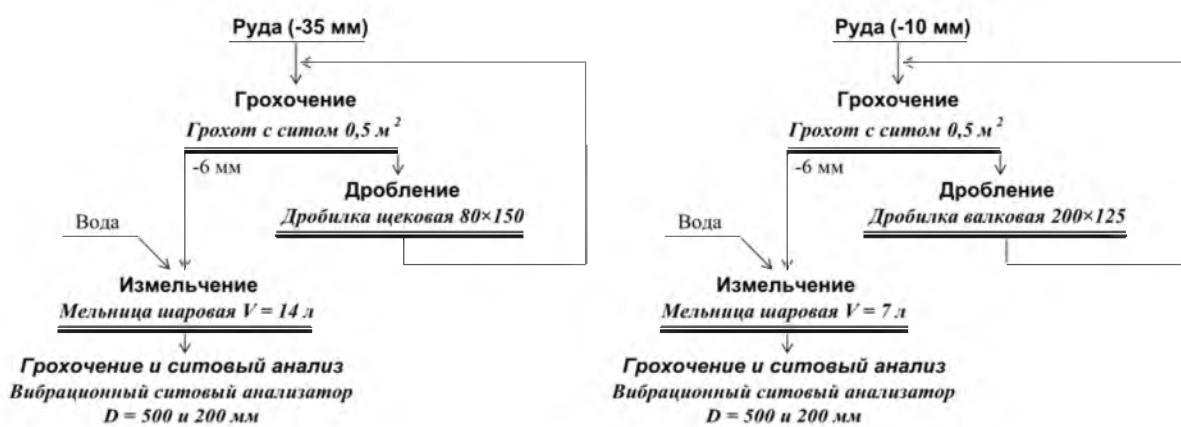


Рис.3. Схемы исследования дробимости и измельчаемости

Таким образом, мы рассмотрели (рис.2 и 3) примерный набор лабораторного оборудования для всех массовых технологических и аналитических операций, требующих проведения исследовательских работ.

До 1990 г. лабораторное оборудование для исследований в области добычи и переработки минерального сырья производилось предприятиями, работавшими в системе Министерства геологии и цветной металлургии. В настоящее время в стране лабораторное оборудование для горной промышленности производят около десятка различных изготавителей.

Выпускаемое оборудование имеет следующие недостатки:

- невозможность состыковать аппараты различных производителей в рамках одной технологической схемы;
- узкая номенклатура;
- низкий технический уровень, поскольку используются разработки 1980-х гг.;
- невозможность подключения к компьютерным сетям (нет унифицированных выходов для подключения к компьютеру).

В результате пользователи зачастую вынуждены приобретать импортное оборудование.

ОАО «НПК «Механобр-техника» с 2009 г. приступила к выполнению государственного контракта «Разработка гаммы современного научно-лабораторного оборудования для проведения тонических исследований при экологически безопасной добыче и переработке твердых полезных ископаемых, а также при их геологической разведке и оценке запасов».

Целью опытно-конструкторских работ, проводимых в рамках государственного контракта, является обеспечение отечественных предприятий, научно-исследовательских и учебных организаций современным отечественным лабораторным оборудованием, необходимым для проведения исследований и обучения специалистов в области экологически безопасной разработки, добычи и переработки полезных ископаемых с учетом недостатков существующего оборудования.

В 2010 г. разработана рабоче-конструкторская документация на следующие комплексы:

- научно-лабораторного оборудования для пробоподготовки;
- научно-лабораторного оборудования для классификации материалов по крупности;
- научно-лабораторного оборудования для сепарации материалов по магнитным и электрическим свойствам;
- научно-лабораторного оборудования для сепарации материалов по гравитационным свойствам;
- научно-лабораторного оборудования для сепарации материалов по флотационным свойствам;
- научно-лабораторного оборудования для разделения суспензий.

В настоящий момент проводятся предварительные испытания опытных образцов комплексов оборудования и подготовка к серийному производству.

Горно-добычающая промышленность постоянно нуждается в результатах исследований по совершенствованию технологии переработки добываемого сырья. Для проведения таких исследований требуется современное лабораторное оборудование, на базе которого можно получать такие результаты, которые могут быть перенесены в промышленные условия с минимальными затратами средств и времени. Разрабатываемое ОАО «НПК «Механобр-техника» лабораторное оборудование должна обеспечить для отечественной промышленности решение этой актуальной задачи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козин В.З. Исследование руд на обогащаемость. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. 379 с.
2. Митрофанов С.И. Исследования руд на обогащаемость. М.: Госгортехиздат, 1962. 495 с.
3. Митрофанов С.И. Исследования полезных ископаемых на обогащаемость / С.И. Митрофанов, Л.А. Барский, В.Д. Самыгин. М.: Недра, 1974. 352 с.
4. Справочник по обогащению руд. Специальные и вспомогательные процессы. М.: Недра, 1983. 452 с.

REFERENCES

1. Kozin V.Z. Ores dressability investigations. Yekaterinburg: UGGU. 2009. 379 p.
2. Mitrofanov S.I. Ores dressability investigations. Moscow: Gosgortechizdat, 1962. 495 p.
3. Mitrofanov S.I., Barsky L.A., Samygin V.D. Dressability investigations of minerals. Moscow: Nedra, 1974. 352 p.
4. Bogdanov V.S. (editor-in-chief). Ores processing handbook. Moscow: Nedra, 1983. 452 p.