

УДК 552.1: 53

ПЕТРОФИЗИКА В СИСТЕМЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

Н. П. Романовский¹, Т. В. Селиванова²

¹Институт тектоники и геофизики им. Ю. А. Косыгина ДВО РАН, г. Хабаровск

²Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

E-mail: franceva@itig.as.khb.ru

С методологических позиций выполнен анализ определений понятия «петрофизика», показаны ее структурные элементы. В соответствии с иерархическим уровнем организации вещества установлено место петрофизики в системе геолого-геофизических исследований.

Ключевые слова: петрофизика, уровни организации вещества, классификационные признаки, геолого-геофизические науки.

ВВЕДЕНИЕ

Любой природный объект материален, существует объективно. Его выделение в пространстве и отграничение от других объектов возможно только на основе качественных признаков. Поскольку каждый объект находится в бесконечных отношениях с другими объектами, обладающими бесконечным множеством свойств, часть из них может рассматриваться в виде определяющих признаков, другая часть – второстепенных (Большая..., 1975). Примером определяющего петрофизического признака гранита как представителя группы магматических пород по его вещественному составу могут быть конкретные значения плотности, второстепенным признаком – его радиоактивные свойства.

Изучением этого множества свойств занимаются различные науки, нас интересуют науки о Земле, т. е. научные дисциплины геолого-геофизического содержания, и прежде всего, петрофизика (Кулындышев и др., 1980; Романовский, 1979, 1987). Выбор ими именно таких свойств, которые представлены на рис. 1, определяется тем, что в настоящее время известно шесть методов разведочной геофизики – гравиметрический, магнитный, электрический, сейсмический, ядерно-физический и геотермический, с помощью которых реализуются исследования геологических объектов земной коры и верхней мантии, осуществляются поиски и разведка месторождений полезных ископаемых (Романовский, 1979; Физические..., 1976). В методологии геолого-гео-

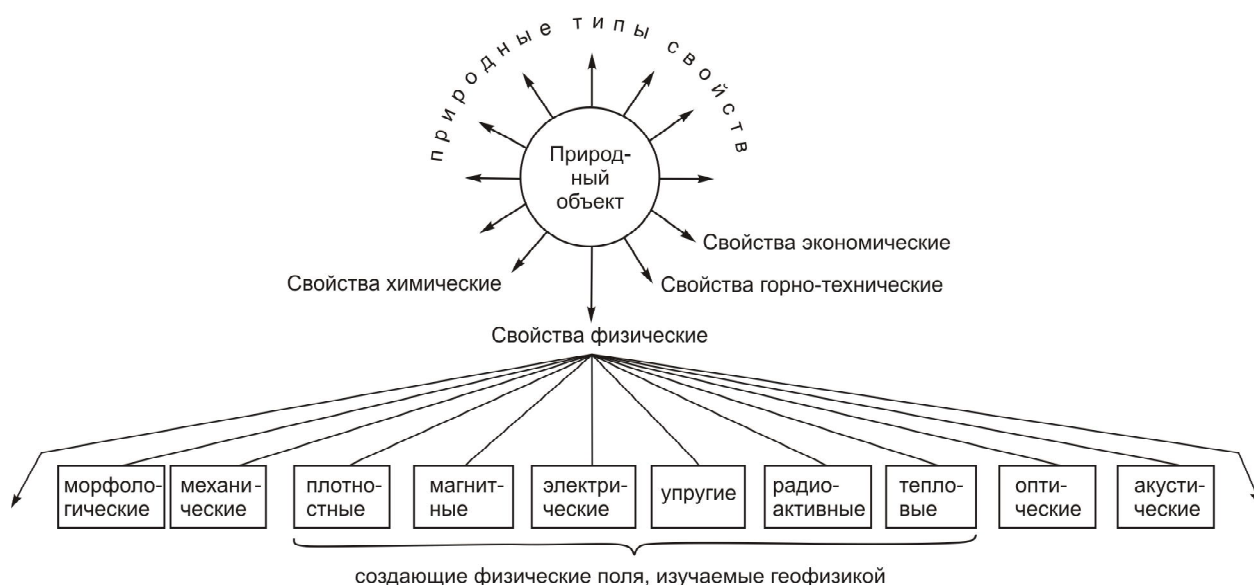


Рис. 1. Физические свойства природных объектов

Fig. 1. Physical properties of natural objects

физических исследований категории «объект», «свойство», «отношения» образуют систему объективных понятий, использование которых позволяет проводить такие логические исследования, как абстракция, формализация, интерпретация, моделирование.

Целью настоящего исследования является определение места петрофизики в системе геолого-геофизических наук. В качестве основных задач рассматриваются:

- анализ определений понятия «петрофизика»,
- вычленение структурных элементов этой науки,
- положение петрофизики в системе геолого-геофизических исследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Самостоятельность каждой науки устанавливается возможностью четкого выделения основных элементов ее структуры. Многочисленные исследования (Каретников и др., 1978; Косыгин, 1974; Кулындышев и др., 1980) показали, что в науках о Земле первый элемент (объект) может быть общим для нескольких смежных дисциплин (тектоники, геофизики, геологии, петрофизики и др.). Каждая из таких дисциплин изучает лишь некоторые стороны объекта – его морфологию, состав, свойства и т. д. Этим осуществляется сужение научной направленности, но еще не определяется конкретная специализация дисциплины. Последнюю определяют остальные элементы ее структуры – предмет, цели и задачи, методы и средства.

Наряду со структурными признаками наука обладает и функциональными, которые связывают (комплексируют) ее с другими смежными дисциплинами (Косыгин, 1974; Кулындышев и др., 1980). Представляется важным провести анализ определений понятия «петрофизика», рассмотреть элементы ее структуры, определить место петрофизики в системе геолого-геофизических исследований.

1. Анализ определений понятия «Петрофизика»

В петрофизической литературе известно около двадцати определений понятия «петрофизика». Авторы, работающие в данной области, предлагают по меньшей мере пять его толкований:

1. Петрофизика как самостоятельная наука

1962 г. – «Результаты исследований физических свойств горных пород явились фундаментом новой науки – петрофизики» (Кобранова, 1962, 30);

1965 г. – «Петрофизика как новая наука о физических свойствах горных пород...» (Дахнова, Кобранова, 1965, 122);

1973 г. – «Петрофизика – наука о физических свойствах горных пород...» (Дортман, 1973, 87);

1975 г. – «Петрофизика – наука, изучающая связь физических свойств горных пород с их минеральным составом, структурой и историей формирования» (Большая..., 1975, 497);

1977 г. – «Значительные успехи в объединении геологии и геофизики могут быть доступны с помощью петрофизики – науки о физических свойствах горных пород» (Курскеев, 1977, 5);

1980 г. – «Петрофизика – это наука о физических свойствах горных пород, устанавливающая закономерности распределения физических свойств для объектов породного и частично минерального и формационного уровней организации вещества и определяющая сферы применимости результатов этих исследований в геологии, геофизике и горном деле (физике горных пород) (Кулындышев и др., 1980, 105);

1982 г. – «Петрофизика как наука занимается изучением физических свойств поверхностных образований и глубинного вещества земной коры и верхней мантии (Ващилов и др., 1982, 3).

2. Петрофизика как научное направление в геологии

1965 г. – «Комплексные исследования физических свойств явились основой для развития нового направления в геологии – петрофизики» (Дахнов, Кобранова, 1965, 119);

1976 г. – «Петрофизика применительно к геологии – это область исследований физических свойств горных пород и руд...» (Физические..., 1976, 18).

3. Петрофизика как научное направление в геофизике

1976 г. – «Петрофизика является неразрывной, составной частью геофизики, наиболее тесно связанной с физикой веществ и петрологией» (Там же).

4. Петрофизика как научное направление в науках о Земле

1964 г. – «Новая отрасль знаний горной науки – физики горных пород – содержит сведения о свойствах горных пород... по методам исследований близка к физике твердого тела, по объектам исследований к геологическим наукам... по направленности исследований к горной науке» (Романовский, Новик, 1964, 4, 7);

1967 г. – «Изучение физических свойств горных пород... является лишь частью физики горных пород» (Турчанинов и др., 1967, 6);

1976 г. «...способствовали появлению самостоятельного научного направления – петрофизики, тесно связанной с физикой твердого тела, минералогией, петрографией, литологией и геофизикой» (Субботин, Толстой, 1976, 62);

1987 г. – «Успешное решение задач применительно к изучению рудно-магматических систем возможно на базе синтеза методологических положений, теоретических и экспериментальных

данных «смежных» научных дисциплин – металлогенического анализа, учения о рудных и магматических формациях, тектоники, петрохимии и петрофизики» (Романовский, 1987, 5).

5. Петрофизика как метод исследований

1974 г. – «Физические свойства рассматриваются с точки зрения использования петрофизики как самостоятельного метода исследования...» (Черноок и др., 1974, 23);

1976 г. – «Петрофизические исследования... являющиеся основой комплексной интерпретации петрологических и петрофизических данных...» (Физические..., 1976, 14–15);

2010 г. – «...выделены новые типы петрофизических, геодинамических, электрохимических барьеров... показано их использование при обосновании комплексных критериев для выявления различных типов рудоносных систем и рудных месторождений... юга Дальнего Востока» (Копылов, 2010, 3).

Из приведенных определений следует, что петрофизику чаще рассматривают как самостоятельную науку, реже как отдельное направление в составе геофизики, геологии или наук о Земле в целом, нередко – как метод исследования. Авторы рассматривают петрофизику как самостоятельную научную дисциплину, обладающую всем комплексом признаков, присущих каждой науке.

Проанализируем данный вопрос в аспекте соотношения структурных элементов петрофизики со структурными элементами смежных наук.

2. Структурные элементы петрофизики

Структурные элементы петрофизики могут быть разделены на две группы: а) комплексирующие, т. е. связывающие петрофизику с другими науками; б) индивидуализирующие ее.

А. Структурные элементы, комплексирующие петрофизику с другими науками, такими как геология (тектоника), геофизика, физика горных пород и др.

В геологии (тектонике) исследователь имеет дело с совокупностью объектов, находящихся в определенной соподчиненности (Косыгин, 1974). В соответствии с концепцией уровней организации вещества может рассматриваться следующая иерархия геологических тел: минералы, породы, формации, комплексы, геосферы. В геофизике эта проблема еще недостаточно разработана. Поскольку геосферы понимаются не только как геологические, но и как геофизические объекты, можно полагать,

что объекты геологии и геофизики и на других иерархических уровнях в определенной степени идентичны (Кулындышев и др., 1980). При этом каждая из этих наук изучает объекты при помощи своих методов.

Минералы обычно не включаются в число объектов геофизики. Они изучаются такими самостоятельными методами, как рентгеноструктурный анализ, физика минералов и т. д., однако это в определенной степени приближает такие исследования к числу геофизических. Более высокоорганизованные уровни вещества изучают с помощью геофизики пород, геофизики формаций, геофизики комплексов, геофизики геосфер. Поскольку на уровне пород геофизика использует не физические поля, а физические свойства, правильнее назвать эту дисциплину не геофизикой пород, а петрофизикой (Там же). Однако понятие «порода» нередко употребляется в более широком – от формации до комплекса – смысле. Такая ситуация свидетельствует о необходимости теоретического и методологического обоснования перехода от объектов петрофизики к объектам других уровней организации вещества. Решать эту проблему следует с учетом взаимосвязей физических характеристик объектов – их свойств и полей. Следует иметь в виду, что количество свойств природных объектов в принципе бесконечно (Большая..., 1975), а количество физических свойств, используемых в геофизике, ограничено (см. рис. 1). Характерно уменьшение роли физических свойств от ранга изучаемого объекта (рис. 2) при увеличении роли физических полей и приобретение им доминирующего положения в том же направлении (рис. 3). С учетом этой специфики рассматриваются следующие типы перехода от объектов петрофизики (пород) к объектам других уровней организации вещества (минералам, формациям).

Свойство ↔ свойство. Этот тип перехода возможен либо между объектами одного уровня

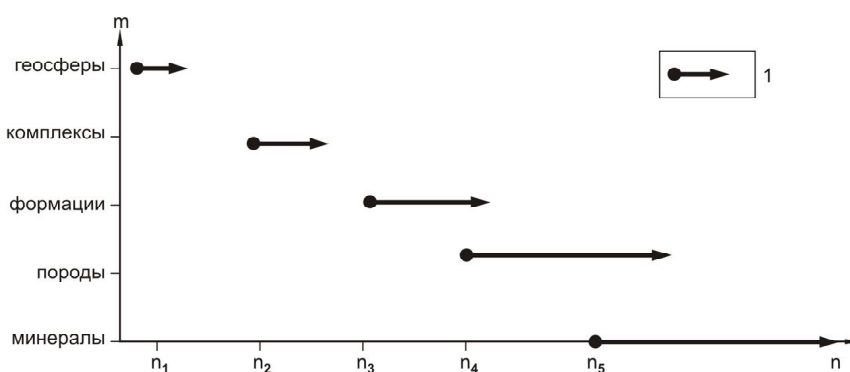


Рис. 2. Зависимость количества физических свойств от ранга объекта (1 – условный масштаб)

Fig. 2. Dependence of the physical properties number on the object rank (1 – representative scale)

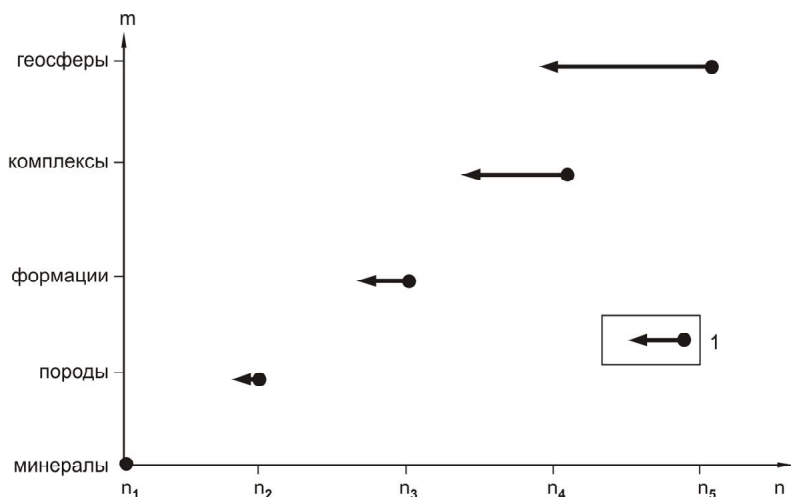


Рис. 3. Зависимость количества физических полей от ранга объекта (1 – условный масштаб)

Fig. 3. Dependence of the physical fields number on the object rank (1 – representative scale)

(например, по плотности породы определяются ее упругие свойства), либо от объекта низшего уровня к объекту высшего уровня (например, по плотности минералов определяется плотность породы).

Свойство ↔ поле. Такой переход возможен в двух случаях. Переход свойство ↔ поле осуществляется как между объектами одного уровня, так и от объектов низших уровней к более высоким (например, модельные построения при решении прямых задач геофизики). Вариант перехода поле ↔ свойство скорее действителен для объектов одного уровня (например, расчет намагниченности интрузивных пород по магнитному полю).

Это означает, что объектом петрофизики следует считать объекты породного уровня организации вещества, которые исследуются по их физическим свойствам. Объекты смежных уровней изучаются или затрагиваются петрофизикой опосредованно, в комплексе с другими науками на основе переходов типа: свойство ↔ свойство (переход с минерального уровня) или свойство ↔ поле (переход на формационный уровень). Следовательно, единственным структурным элементом петрофизики как самостоятельной науки, комплексирующим ее с другими геолого-геофизическими дисциплинами, является объект исследования.

Б. Структурные элементы, индивидуализирующие петрофизiku

Предмет петрофизики. Поскольку познаваемость любого объекта неисчерпаема, то можно составить лишь некоторые представления о нем в виде различных моделей, их совокупность дает наиболее близкое толкование изучаемого объекта. В практике петрофизических работ на породном уровне в виде моделей наиболее широко ис-

пользуются: текстовые описания, таблицы, гистограммы, вариационные кривые, корреляционные диаграммы, стереографические проекции, разрезы, колонки, цифровые массивы, карты, блок-диаграммы (Каретников и др., 1978; Кулындышев и др., 1980). На минеральном уровне их число снижается до описания таблиц, гистограмм, вариационных кривых, корреляционных диаграмм, на формационном – до описаний, разрезов, колонок, цифровых массивов, карт и блок-диаграмм.

Цель петрофизики заключается в изучении физических свойств объектов породного уровня организации вещества, в установлении сферы применимости результатов этих исследований в науках о Земле, главным образом в геологии, геофизике, горном деле.

Задачи петрофизики способствуют достижению цели. Наиболее важными группами задач можно считать (Каретников и др., 1978; Кулындышев и др., 1980; Романовский, 1979):

- задачи, определяющие развитие теории и методологии науки,
- обеспечивающие совершенствование технических средств петрофизики,
- непосредственно связанные с изучением физических свойств объектов породного уровня,
- способствующие использованию полученных данных в науках о Земле.

Как считают ведущие специалисты-петрофизики (Дортман, 1973; Кобранова, 1962; Субботин, Толстой, 1976; Физические..., 1976), важнейшей задачей петрофизических исследований является изучение не только величины и природы статистического состояния изучаемого объекта, но и динамики процессов изменения физических свойств. Это позволит определить физические и физико-химические процессы, происходящие в горных породах, уточнить порядок и величину таких изменений для разных групп горных пород, установить связи петрофизических величин между собой с другими (петрохимическими, металлогеническими и т. п.) величинами, обеспечит локальное и региональное районирование площади изменений величины петрофизических характеристик, будет способствовать установлению природы и законов таких изменений.

Средства и методы петрофизики. Методы и средства петрофизики детально изучены и достаточно подробно описаны в целой серии специализированных работ (Кобранова, 1962; Определение..., 1977; Физические..., 1976 и др.); здесь они не рассматриваются.

3. Петрофизика в системе геолого-геофизических исследований

В отличие от таких геофизических дисциплин, как магниторазведка, разведочная геофизика, рудная и промысловая геофизика, аэрогеофизика, региональная геофизика и т. д., которые выделяются по самым разным классификационным признакам (методам, задачам, прагматической ориентации и т. д.), петрофизика имеет дело с конкретным объектом исследований, присущим ряду смежных геолого-геофизических дисциплин. Это позволяет четко установить ее положение в системе геолого-геофизических исследований (Каретников и др., 1978; Кулындышев и др., 1980). На рис. 4 показана область геолого-геофизических исследований, которая охватывает объекты от минерального уровня организации вещества до уровня геосфер. Их изучением занимаются как общие науки (общая геология, общая геофизика), так и уже сформировавшиеся «объектные» геолого-геофизические дисциплины (минералогия, петрология, геоформациология, физика минералов, петрофизика). Ряд научных дисциплин завершает свое формирование: геокомплексология и геосферология в геологии, геофизика комплексов и геофизика геосфер – в общей геофизике.

Области геолого-геофизических исследований охватывают природные объекты с плотнейшей упаковкой составляющих их «элементарных» частиц (минералы-М, породы-П, формации-Ф, комплексы-К, геосферы-Г). Области объектов планетарного и атомарного уровней организации вещества характеризуются дискретной упаковкой элементарных частиц (планеты, астероиды; прото-

ны, электроны), изучаются соответственно астрономическими, химическими науками, атомной физикой и т. д. В настоящем рассмотрении они не участвуют. Область наиболее тесного соприкосновения петрофизики с другими науками может определяться не только объектами ее уровня (породами), но и объектами непосредственно смежных уровней организации вещества (минералами и формациями). Отсюда следует, что петрофизика может успешно, в конкретных количественных показателях, комплексироваться с минералогией, петрологией, геоформациологией в области геологии, физикой минералов и геофизикой формаций в области геофизики и в более опосредованной форме – с геолого-геофизическими дисциплинами, изучающими комплексы и геосферы (см. рис. 4).

Тем не менее это не исключает сферу использования петрофизических данных только науками о Земле. К примеру, результаты исследований в области физики горных пород успешно применяются в горном деле, инженерной геологии и т. д. Но решая методологические задачи, нельзя забывать, что в отличие от петрофизики, т. е. науки геолого-геофизического профиля, физика горных пород в большой мере относится к наукам инженерного типа. По большинству структурных элементов (объекту, предмету, целям) они одинаковы, но существенно различаются по характеру решаемых задач.

Таким образом, исследования позволили осуществить строгий анализ понятия «петрофизики» как научной дисциплины, вычленив ее позицию в системе геолого-геофизических наук.

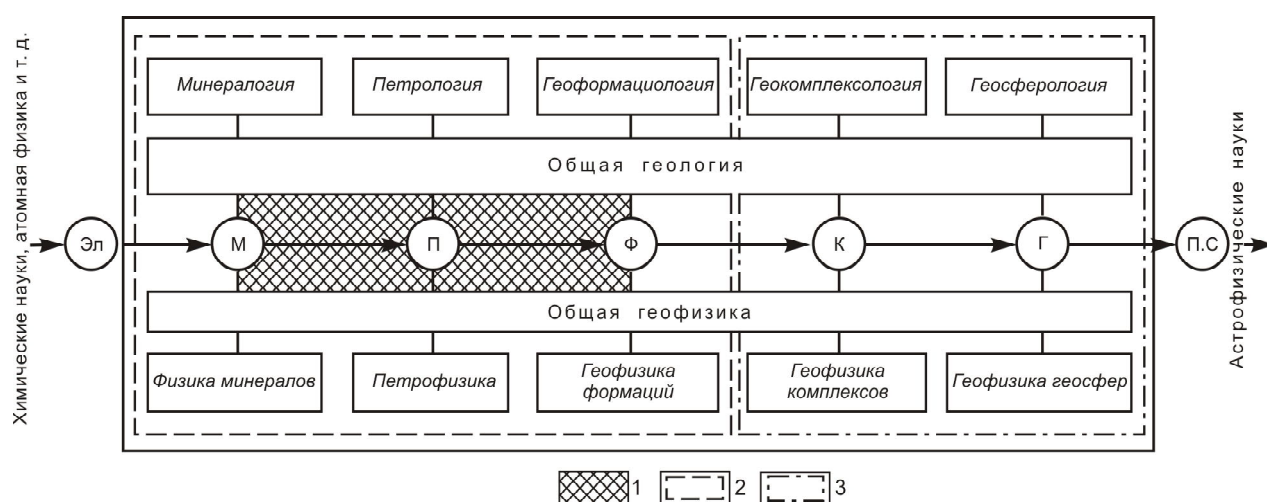


Рис. 4. Петрофизика в системе геолого-геофизических наук (Каретников и др., 1978; Кулындышев и др., 1980): 1 – объекты, входящие в сферу петрофизики; 2 – области комплексирования петрофизики с другими науками; 3 – области опосредованного соприкосновения петрофизики с другими науками

Fig. 4. Petrophysics in the system of geological and geophysical sciences (Каретников и др., 1978; Кулындышев и др., 1980): 1 – objects involved in the petrophysics sphere; 2 – areas of petrophysics integration with other sciences; 3 – areas of petrophysics indirect contacting other sciences

ЛИТЕРАТУРА

- Большая Советская энциклопедия*. – 3-е изд. – Т. 19. – 1975. – С. 497.
- Вацлов Ю. Я., Зимникова Т. П., Шило Н. А.* Петрофизика поверхностных и глубинных образований Северо-Востока Азии. – М. : Наука. – 1982. – 162 с.
- Дахнов В. Н., Кобранова В. Н.* Петрофизика: ее значение для настоящего и будущего геологии // Совет. геология. – 1965. – № 9. – С. 122.
- Дортман Н. Б.* Петрофизика // Геологический словарь. – М. : Недра, 1973. – С. 87.
- Каретников А. С., Кулындышев В. А., Малышев Ю. Ф., Романовский Н. П.* Петрофизика: объект, предмет, цели, задачи (Препринт «Проблемы петрофизики Дальнего Востока»). – Хабаровск : ДВНЦ АН СССР, 1978. – С. 31–52.
- Кобранова В. Н.* Физические свойства горных пород (петрофизика). – М. : Гостехиздат, 1962. – 455 с.
- Копылов М. И.* Физико-геологические модели формирования рудоносной системы юга Дальнего Востока. – Иркутск : ФГУП «Дальгеофизика», 2010. – 33 с.
- Косыгин Ю. А.* Основы тектоники. – М. : Недра, 1974. – 215 с.
- Кулындышев В. А., Малышев Ю. Ф., Романовский Н. П.* Петрофизика: ее место и роль в геолого-геофизических исследованиях // Геология и геофизика. – 1980. – № 1. – С. 100–107.
- Курскеев А. К.* Геофизическая характеристика земной коры Казахстана. – Алма-Ата : Наука, 1977. – С. 5.
- Определение* петрофизических характеристик по образцам / под ред. В. Н. Дахнова. – М. : Недра, 1977. – 430 с.
- Ржевский В. В., Новик Г. Л.* Основы физики горных пород. – М. : Наука, 1964. – 205 с.
- Романовский Н. П.* Свойства объектов геофизики – проблемы методологии изучения // Принципы комплексной интерпретации геолого-геофизических данных. – Владивосток : ИТиГ ДВНЦ АН СССР, 1979. – С. 27–37.
- Романовский Н. П.* Петрофизика гранитоидных рудно-магматических систем Тихоокеанского пояса. – М. : Наука, 1987. – 191 с.
- Субботин С. И., Толстой М. И.* Некоторые проблемы развития петрофизики кристаллических пород // Вопросы прикладной геохимии и петрофизики. – Киев : Наукова думка, 1976.
- Турчанинов И. А., Медведь Р. В., Панин В. И.* Современные методы комплексного определения физических свойств горных пород. – М. : Недра, 1967.
- Физические свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика). – М. : Недра, 1976. – 525 с.
- Черноок М. В., Едовин Ю. И., Кравченко Ю. Б. и др.* Петрофизические исследования // Геофизические и геохимические методы поисков и разведки эндогенных месторождений олова. – Л. : Недра, 1974.

Поступила в редакцию 06.03.2014 г.

PETROPHYSICS IN THE SYSTEM OF GEOLOGICAL SCIENCES

N. P. Romanovskiy, T. V. Selivanova

The definitions of 'petrophysics' are analyzed from the methodological viewpoint, and structural elements of the notion of petrophysics are shown. The ranking position of petrophysics in the system of geological and geophysical investigations is defined in accordance with the level of the matter hierarchical organization.

Key words: petrophysics, levels of the matter organization, classification indications, geological and geophysical sciences.