

ными гранитами или лейкогранитами. На генетическое родство с ними указывают также типоморфные свойства флюорита, являющегося одним из основных компонентов бериллиевых руд.

На восточном фланге проявления, гипсометрически ниже на 300–350 м, выделены зона альбитизированных и флюоритизированных брекчий и тело альбитов с тантал-ниобиевой минерализацией, представленной мелко-тонковрапленными (0,01–0,1 мм) колумбит-танталитом и пироклор-микролитом. Альбититы скважинами не вскрыты. Считается, что данные зоны представляют апикальную часть массива субщелочных (огнитских) гранитов (В.И. Серебренников, Е.Л. Емельянов, В.А. Беляев, А.Ф. Нечкин, 1973).

#### **Заключение**

По результатам поисковых работ, выполненных АО «Сосновгео» и ФГБУ «ВИМС», рудопроявление Снежное определено как средний по масштабам объект с рядовым и богатым качеством флюорит-бериллиевых руд.

Оруденение на рудопроявлении приурочено к тектоническому блоку в разной мере мигматизированных и брекчированных пород. Рудные (бериллиевые) зоны тяготеют к ограничивающим рудный блок структурам пластических деформаций. Наиболее высокой продуктивностью отличаются приповерхностные части рудных зон.

Рудные зоны отчетливо выделяются существенно повышенными содержаниями бериллия, фтора, лития, рубидия и олова, для которых характерны прямые корреляционные отношения.

Таким образом, оруденение проявления Снежное связано с лейкогранитовой (и субщелочной) литий-фтористой магматической формацией и является фенакит-бериллиевой рудной формацией со слюдисто-фенакит-берилл-флюоритовым минеральным типом руд. На основании этого проявление возможно отнести по систематике месторождений бериллия [4] к четвертому геолого-промышленному типу (с некоторым уточнением) — «слюдисто-фенакит-берилловый в минерализованных зонах дробления».

Рудопроявление отвечает фенакит-бериллиевой рудной формации с Li-слюдисто-фенакит-берилл-флюоритовым минеральным типом руд, отложение которых происходило в условиях открытых полостей. Руды, в состав которых, наряду с бериллиевой минерализацией, входят флюорит, калишпат, альбит, карбонат, кварц и слюда, сформировались в процессе единой флюидно-гидротермальной стадии и отвечают одному минеральному типу при крайне неравномерном соотношении их минерального выполнения.

В технологическом отношении бериллиевые руды могут перерабатываться по единой селективно-флотационной схеме с получением флюоритового и бериллиевого концентратов. В технологической пробе, представляющей рядовые и богатые бериллиевые руды, преобладающие среди выделенных типов руд, в выделенном флюоритовом концентрате (марка ФК-75) содержание флюорита составляет 89,2 % при его

извлечении 62,9 %; в берилловом концентрате (марка ФФ-90) содержание окиси бериллия составляет 12,2 % при извлечении — 62,47 %.

Перспективы прироста прогнозных ресурсов бериллиевых руд проявления следует связывать с прослеживанием на глубину участков богатых руд в узле сопряжения Южной и Центральной рудных зон, а также на восточном фланге Северной зоны. Вместе с тем, рекомендуется уделить внимание оценке ресурсов тантала и ниобия на восточном фланге рудопроявления. Комплекс минералогических, геохимических и структурных предпосылок и признаков позволяет предполагать наличие в этом месте не вскрытого процессами эрозии массива субщелочных гранитов, в апикальной (альбитизированной) части которого развита рудная тантал-ниобиевая минерализация с соотношениями Ta:Nb до 1:1. Учитывая повсеместное проявление флюоритовой минерализации в пределах Снежного рудного поля, в т.ч. прожилков, линз и гнезд блокового флюорита мощностью до 0,7–1,0 м, представляется целесообразным постановка опережающих поисковых работ на плавиковый шпат (флюорит) масштаба 1:50 000 на флангах Снежного рудного поля и в пределах рудоперспективных структур.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Ангаро-Енисейская. Лист N-47 Нижнеудинск. Объяснительная записка / Т.Ф. Галимова, А.Г. Пашкова, С.А. Поваринцева, В.В. Перфильев и др. — СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012. — 652 с.
2. Дамдинова, Л.Б. Условия формирования богатых бериллиевых руд месторождения Снежное (Восточный Саян) / Л.Б. Дамдинова, С.З. Смирнов, Б.Б. Дамдинов // Геология рудных месторождений. — 2015. — Т. 57. — № 6. — С. 501–512.
3. Куприянова, И.И. Бериллиевые месторождения России / И.И. Куприянова, Е.П. Шпанов. — М.: ГЕОС, 2011. — 353 с.
4. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Бериллиевые руды. — М., 2007. — 37 с.
5. Ярмолюк, В.В. Возраст, состав пород, руд и геологическое положение бериллиевого месторождения Снежное: к обоснованию позднепалеозойской Восточно-Саянской редкометалльной зоны (Россия) / В.В. Ярмолюк, Д.А. Лыхин, Т.Н. Шурига, А.А. Воронцов, А.М. Сугорокова // Геология рудных месторождений. — 2011. — Т. 53. — № 5. — С. 438–449.

© Коллектив авторов, 2018

Томашев Александр Вячеславович // a.tomashev@mail.ru  
Леденева Надежда Викторовна // naled@rambler.ru  
Рудаков Роман Евгеньевич // rerudakov@gmail.com  
Зайцев Сергей Устинович // zaytcev-sosnovgeo@mail.ru  
Косенко Владимир Викторович // kosoff2504@mail.ru

УДК 552.1+550.83:553.495(571.1/.5)

**Ржевская А.К., Гребенкин Н.А. (ФГБУ «ВИМС»)**

### **ОЦЕНКА ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД И РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ УРАНА СТОЛБОВОЕ (ВОСТОЧНОЕ ПРИСАЯНЬЕ)**

*Результаты петрофизических исследований, проведенные на урановом месторождении Столбовое, показали возможности решения ряда геологических задач, способ-*

ствующих определению его структурного положения, особенностей проявления метасоматических изменений и распределения урановой минерализации. Рассмотрены возможности петрофизических исследований для определения физических свойств горных пород, закономерностей их распределения в разрезе, разработки критериев для выбора оптимального геофизического комплекса и интерпретации полученных данных. Результаты измерений послужили основой для проведения реконструкции структурной модели разреза, что позволило упорядочить фрагменты даек и рудной зоны в единые структуры. **Ключевые слова:** петрофизические исследования, физические свойства горных пород, комплекс геофизических исследований, структурная модель, месторождение Столбовое.

Rzhevskaya A.K., Grebenkin N.A. (VIMS)

#### ESTIMATION OF PETROPHYSICAL PROPERTIES OF ROCKS AND ORE OF STOLBOVOE URANIUM DEPOSIT (EASTERN PRISAYANIE)

*Petrophysical investigations conducted at the Stolbovoe uranium deposit showed the possibility of solving a number of geological problems that contribute to determining its structural position, the features of the manifestation of metasomatic changes and the distribution of uranium mineralization. The article deal with the possibilities of petrophysical studies for determining the physical properties of rocks and regularities of their distribution in a section, the development of criteria for selecting the optimal geophysical complex, and the interpretation of the data obtained. The results of measurements served as the basis for reconstruction of the structural model of the section, which allowed to order fragments of dikes and fragments of the ore zone into unified structures. **Keywords:** petrophysical studies, physical properties of rocks, complex of geophysical studies, structural model, Stolbovoe deposit.*

Актуальность поисков скрытых и слабопроявленных месторождений твердых полезных ископаемых (ТПИ) связана с исчерпанием легкооткрываемых приповерхностных объектов. В этой связи на поисковой стадии усиливается роль геофизических методов, с помощью которых определяется глубинное геологическое строение перспективных территорий, а в некоторых случаях и картируются «слепые» рудные тела. Выбор геофизических методов обусловлен физическими свойствами горных пород и руд, распространенных в пределах перспективных площадей и участков. В свою очередь, физические параметры горных пород определяются в ходе петрофизических исследований. Они должны проводиться перед поисковыми работами с целью решения следующих задач:

— изучение физических свойств неизмененных горных пород и рудно-метасоматических образований;

— выбор оптимального комплекса геофизических исследований для поисков скрытых и слабопроявленных месторождений урана;

— геологическая интерпретация с учетом полученных сведений по петрофизическим свойствам;

— построение физико-геологической модели разреза и реконструкция рудно-метасоматических зон на момент их формирования.

#### **Краткая геологическая характеристика месторождения урана Столбовое**

Месторождение Столбовое располагается на северо-западе Иркутской области. В геотектоническом плане оно контролируется север-северо-западным Бирюсинским региональным разломом. Месторождение локализуется в пределах позднекарельского одноименного гранитогнейсового поднятия, крылья которого перекрыты средне-позднерифейскими отложениями Присяянского прогиба Сибирской платформы.

В геологическом строении месторождения принимают участие породы фундамента верхнекарельского возраста — граниты и гранито-гнейсы саянского комплекса с ксенолитами сланцев и ортоамфиболитов. На них со структурно-стратиграфическим несогласием (СН) залегают породы средне-верхнерифейского чехла — субплатформенные красноцветные терригенно-осадочные отложения шангулежской свиты. Породы фундамента интродуцированы субмеридиональными и запад-северо-западными дайками габбро-долеритов, предположительно ангаульского комплекса раннего рифея (рис. 1). В северной части месторождения отмечаются верхнерифейские силлы габбро-долеритов нерсинского комплекса, прорывающие отложения фундамента и чехла [2].

Месторождение представлено серией рудных зон субмеридионального и предположительно запад-северо-западного простирания. Их протяженность варьирует от первых сотен метров до 2-х км, мощность — от первых метров до 250 м [3]. Рудно-метасоматические зоны нацело сложены иллит-слюдистыми изменениями. Они вмещают многочисленные жилы и линзы настуран-коффинит-кварцевого состава, протяженностью от нескольких десятков метров до 200 м, и средней мощностью от 0,4 до 2,5 м, с содержаниями урана от 0,05 до 1,48 %. В отдельных линзах и штучных пробах содержания урана достигают 6,2–26,7 %. Рудно-метасоматическая минерализация развита в гранитах фундамента, тогда как в зоне СН и песчаниках чехла урановое оруденение не выявлено.

В 2015 г. в процессе проведения ГРП на уран на восточном фланге месторождения был пройден опорный буровой профиль северо-восточного направления, состоящий из 13 поисковых скважин. По результатам бурения под чехлом песчаников в фундаменте вскрыты «слепые» рудные жилы, сопровождаемые ореолами гидротермально-метасоматических изменений.

По 15 скважинам, 2 из которых не входили в опорный профиль, было отобрано более 600 образцов керн горных пород для изучения их физических свойств. Измерения магнитных и плотностных характеристик горных пород проводились сотрудниками ФГБУ «ВИМС» (А.К. Ржевская, А.И. Макаров) с использованием капаметра КМ-7 и денсиметра ДН-300 соот-

ответственно. Остальные физические свойства (электрическая проводимость, поляризуемость, скорости  $P$ - и  $S$ -волн) измерялись на опытной аппаратуре кафедры полезных ископаемых МГУ им. М.В. Ломоносова (А.А. Бурмистров).

### Методика работ

На первом этапе были проведены минералогическо-петрографические исследования образцов керна. Составлена эталонная коллекция горных пород, выделе-

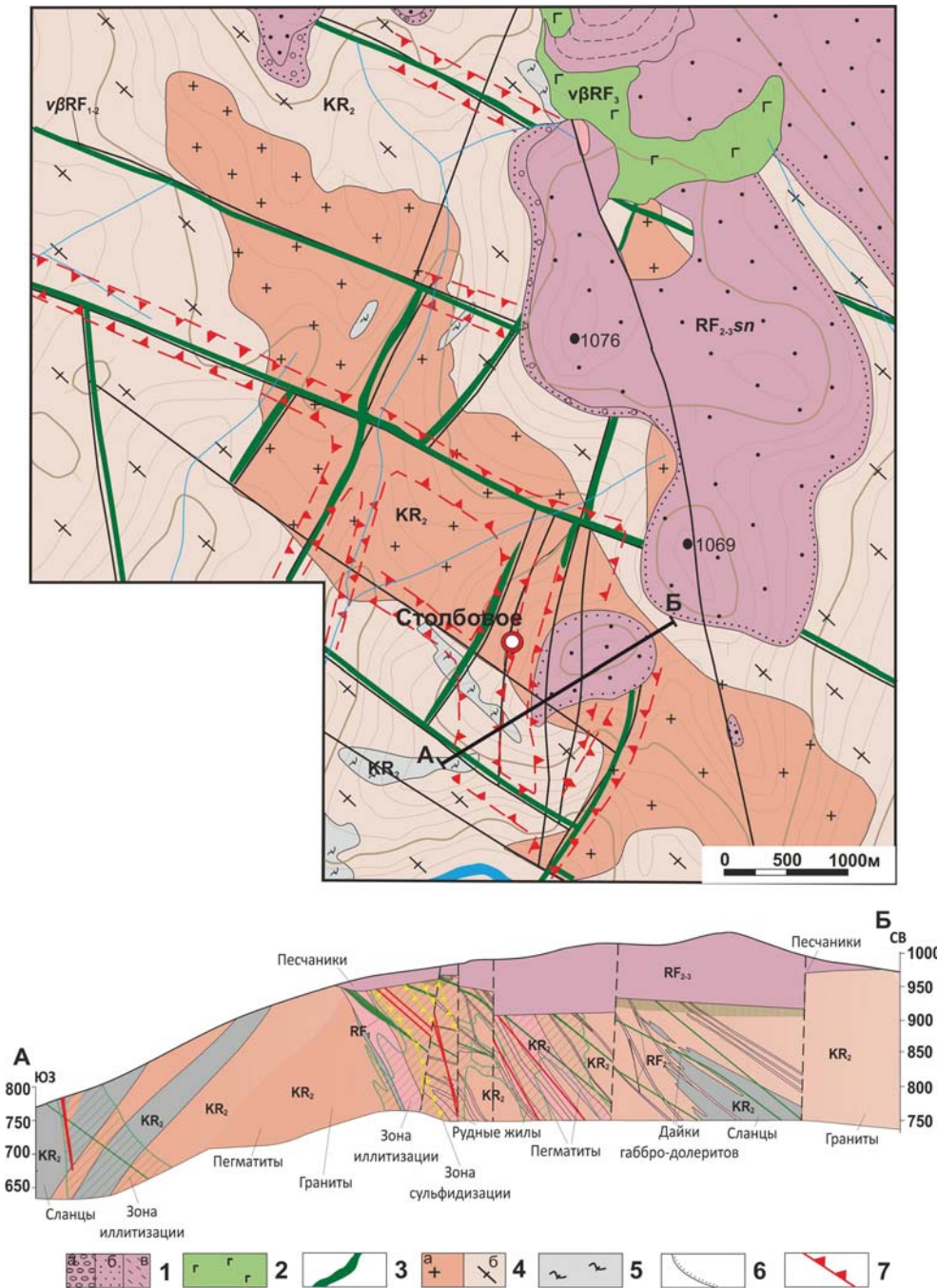
ны их разновидности, которым присвоены соответствующие индексы (таблица).

На втором этапе выполнены петрофизические исследования образцов керна, включающие измерение плотности ( $\sigma$ , г/см<sup>3</sup>), скоростей  $P$ - и  $S$ -волн ( $V_{P,S}$ , км/с), магнитной восприимчивости ( $\alpha$ ,  $\cdot 10^{-3}$  ед. Си), удельного электрического сопротивления ( $\rho$ , Ом·м) и поляризуемости ( $\eta$ , %).

На третьем этапе каждой из разновидностей горных пород были присвоены статистически обоснованные значения физических свойств. Составлены сводные таблицы, гistogramмы физических характеристик, определены их корреляционные связи.













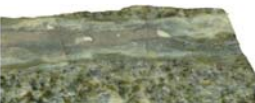

### Анализ петрофизических свойств горных пород

Измерения магнитных свойств горных пород показали, что в пределах осадочного чехла медианные значения магнитной восприимчивости различных выделенных групп пород имеют малую степень изменчивости и варьируют от  $0,041 \cdot 10^{-3}$  ед. Си до  $0,08 \cdot 10^{-3}$  ед. Си (рис. 2). Для пород фундамента относительно высокие значения магнитной восприимчивости характерны для неизменных гранитов ( $0,061 \cdot 10^{-3}$  ед. Си). Величина магнитных свойств горных пород, подверженных рудно-метасоматическим преобразованиям, примерно в два раза ниже и составляет  $0,023-0,026 \cdot 10^{-3}$  ед. Си. К сильномагнитным разностям принадлежат дайки и силлы габбро-долеритов ( $\alpha = 19,21 \cdot 10^{-3}$  и  $8,78 \cdot 10^{-3}$  ед. Си соответственно). Высокие значения магнитной восприимчивости в породах основного состава обусловлены наличием титаномангнетита. Причем вариации значений магнитной восприимчивости напрямую зависят от его количества. По существу, габбро-долериты могут являться реперами при построении модельных разрезов. Аномаль-



**Рис. 1. Схема геологического строения месторождения Столбовое (Шангулежская площадь):** 1 — терригенно-осадочные отложения шангулежской свиты ( $RF_{2-3sp}$ ): а — гравелиты и конгломераты, б — песчаники, в — алевролиты; 2 — габбро-долериты нерсинского комплекса ( $v\beta RF_3$ ); 3 — габбро-долериты предположительно ангаульского комплекса ( $v\beta RF_{1-2}$ ); 4 — граниты (а) и гранито-гнейсы (б) саянского комплекса ( $KR_2$ ); 5 — сланцы и ортоамфиболиты ( $KR_2$ ); 6 — граница структурно-стратиграфического несогласия; 7 — рудные зоны

Разновидности горных пород (по данным исследований Леденевой Н.В.)

Индекс	Название разновидностей горных пород	Фотографии типовых образцов
1(1)	дезинтегрированные песчаники, алевропесчаники	
1(2)	песчаники, алевропесчаники	
2	гравелито-песчаники	
5	ортоамфиболиты	
6	гранитоиды (граниты, гранито-гнейсы)	
7	пегматиты	
8	габбро-долериты (дайки)	
9	долериты (силлы)	
6-Гс1	светлоокрашенные иллит-сланцевые метасоматиты по гранитоидам	
6-Гс2	темноокрашенные сульфидно-кварц-иллит-сланцевые метасоматиты по гранитоидам	
7-Гс1	светлоокрашенные иллит-сланцевые метасоматиты по пегматитам	
7-Гс2	темноокрашенные сульфидно-кварц-иллит-сланцевые метасоматиты по пегматитам	
6,7-Гс2-КВ	оруденелые сульфидно-криптокварцевые зонки, брекчии с аномальными концентрациями урана (0,008-0,044 % U)	
6,7-Гс2-КВ-Р	рудные брекчиево-прожилковые сульфидно-криптокварцевые зонки с содержаниями U — 0,08–0,57 %	

ными значениями по магнитным свойствам характеризуются также ортоамфиболиты ( $0,393 \cdot 10^{-3}$  ед. Си).

Картина распределения плотностных свойств показывает, что песчаники чехла и граниты фундамента в целом характеризуются близкими значениями плотности. Исключением являются гравелито-песчаники, залегающие в основании чехла, средние значения плотности которых составляют  $2,53 \text{ г/см}^3$ , а также пегматиты —  $2,59 \text{ г/см}^3$ . Несмотря на то что пегматиты относятся к дорудным образованиям, нередко на них наложено урановое оруденение. Аномально высокие значения плотности, изменяющиеся от  $2,86$  до  $2,93 \text{ г/см}^3$ , характерны для габбро-долеритов и ортоамфиболитов. Оруденелые кварцевые прожилки с настураном, как правило, характеризуются повышенными значениями плотности.

Удельное электрическое сопротивление ( $\rho$ ) осадочной толщи изменяется от  $5\,000$  до  $25\,000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$  при среднем уровне —  $10\,000$ – $10\,200 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ . Максимальные значения  $\rho$  характерны для габбро-долеритов (даек и силлов —  $28\,000$  и  $22\,230 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ , соответственно) и ортоамфиболитов —  $17\,350 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ . Для гранитов и пегматитов средние значения удельного электрического сопротивления варьируют от  $14\,112$  до  $16\,146 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ . Для их гидротермально-метасоматически измененных разновидностей оно понижается до  $10\,512 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ . Минимальными значениями  $\rho$  среди пород фундамента характеризуются рудно-метасоматические образования ( $10\,476 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ), что, по всей видимости, связано с наличием в них сульфидной минерализации. Сравнительный анализ параметров удельного электрического сопротивления показывает, что влияние гидротермально-метасоматических процессов на вмещающие породы, как правило, приводит к уменьшению удельного электрического сопротивления.

Аналогично другим измеренным физическим свойствам, высокой степенью поляризуемости обладают пегматиты ( $0,94\%$ ) и дайки основного состава ( $0,165\%$ ). Для гранитов, по которым можно оценить общий фон, характерны пониженные значения поляризуемости ( $0,015\%$ ). В пределах нижнего структурного этажа повышенными показателями относительно фона обладают гидротермально-метасоматически измененные пегматиты и оруденелые породы ( $0,04\%$ ),

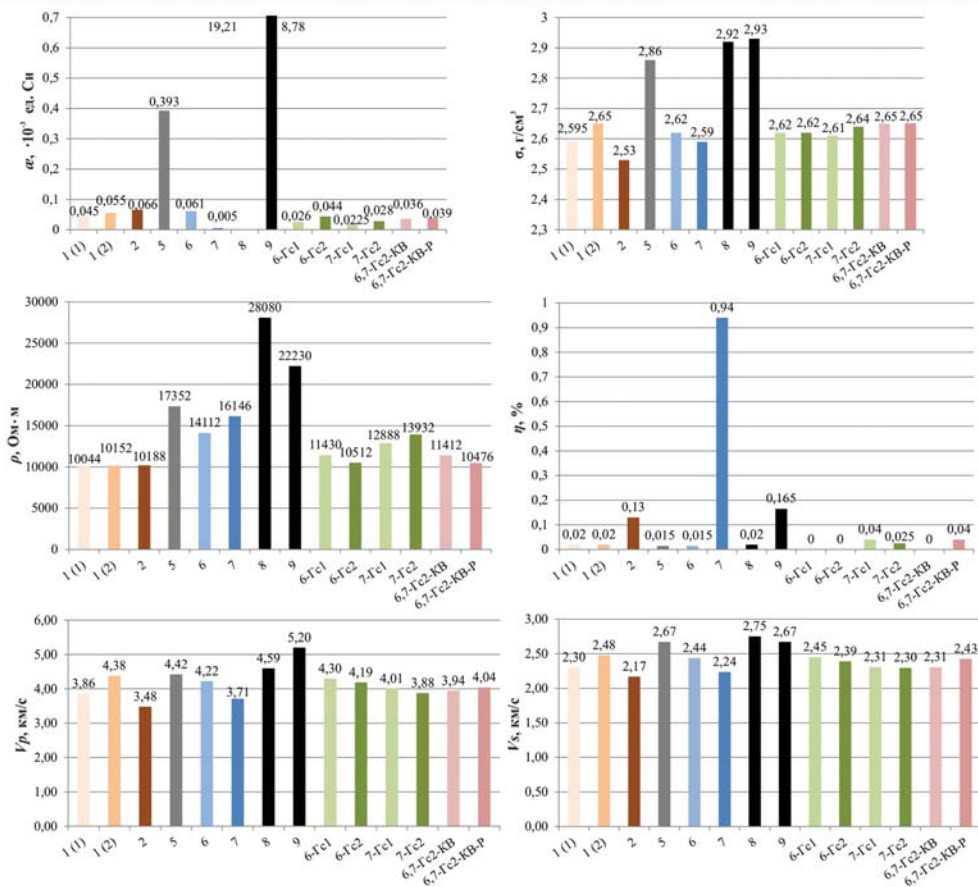


Рис. 2. Гистограммы физических характеристик горных пород месторождения Столбовое

причем для последних по результатам измерений также была установлена корреляционная зависимость между содержанием уран-сульфидной минерализации и величиной поляризуемости. В чехле аномальными значениями характеризуются гравелито-песчаники (0,13%). Природа этих аномалий не ясна, но может стать поме-

Полученные петрофизические особенности комплексов пород и рудно-метасоматических образований месторождения Столбовое являются основой для их картирования по результатам комплексной интерпретации геофизических полей, что подтверждается данными моделирования.

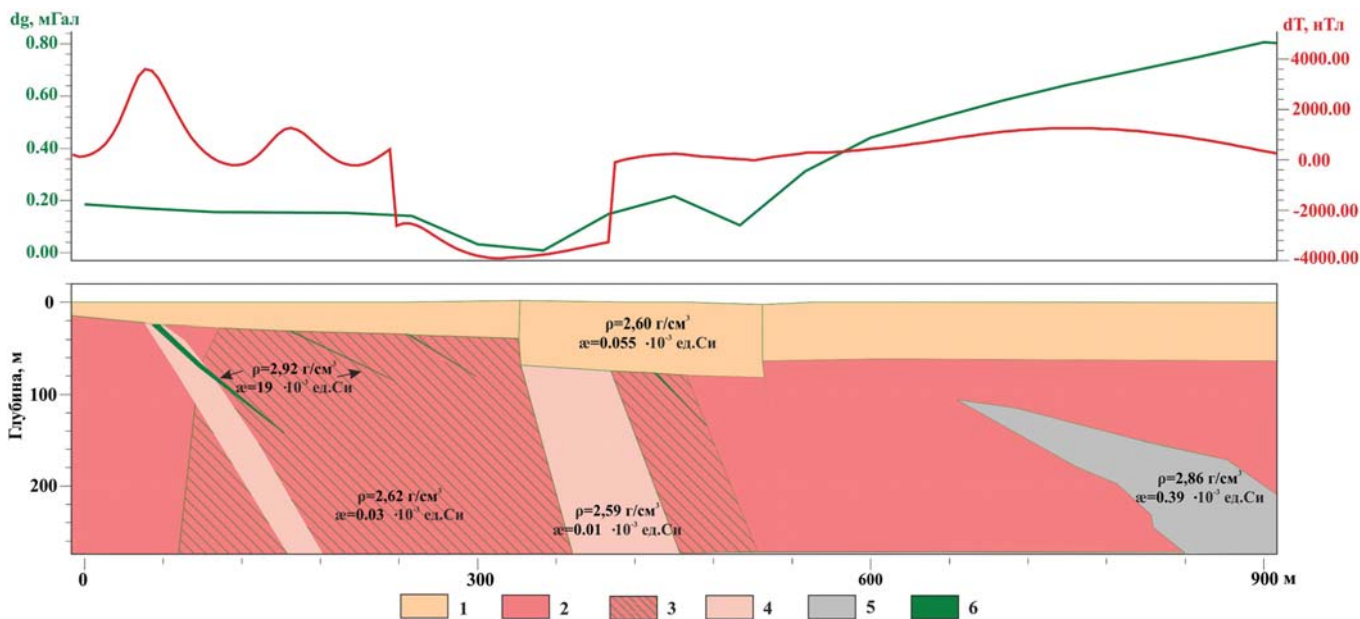


Рис. 3. Геолого-геофизический разрез по данным измерения физических свойств пород: 1 — песчаники, гравелито-песчаники; 2 — граниты; 3 — зона гидротермально измененных пород; 4 — пегматиты; 5 — амфиболиты; 6 — габбро-долериты

хой при проведении поисковых работ.

Анализ скоростных параметров горных пород показал, что для пород осадочно-чехла характерен дефект скоростей  $V_{p,s}$  гравелито-песчаников по сравнению с неизменными песчаниками и породами кристаллического фундамента. В пределах нижнего структурного этажа разности в значениях скоростей продольных и поперечных волн не превышают 0,5 км/с, за исключением даек габбро-долеритов. Слабая дифференцированность скоростных свойств пород требует дополнительного анализа для выделения границы между структурными комплексами по сейсмическим данным [1].

**Геолого-петрофизическая модель и оптимальный комплекс геофизических методов при поисках скрытых и слабопроявленных месторождений урана**

По данным измерений физических свойств горных пород и геологического строения месторождения была составлена геолого-геофизическая модель, для которой решалась прямая задача геофизики. Целью моделирования было показать эффективность постановки работ методами магниторазведки и гравиразведки для выделения особенностей геологического строения разреза. Представленные построения выполнены с шагом 5 м для магнитного поля и 30 м для гравитационного. Согласно полученным данным, в пределах исследуемого разреза тела ортоамфиболитов и дайки габбро-долеритов, часто пространственно совмещенные с рудно-метасоматическими зонами, выделяются в магнитном поле и в поле силы тяжести (рис. 3). Комплексное применение методов грави- и магниторазведки позволяет с высокой степенью достоверности картировать интрузии основного состава и тела ортоамфиболитов, в том числе перекрытых осадочным чехлом.

Одной из основных геологических задач, решаемых при поисковых работах на уран в зонах ССН, является задача картирования глубины залегания контакта пород осадочного чехла и кристаллического фундамента. Анализом петрофизических характеристик пород установлено, что песчаники чехла по сравнению с гранитоидами фундамента обладают незначительным дефектом плотности и магнитной восприимчивости, а также характеризуются пониженным сопротивлением. Выявленные особенности физических свойств на границе раздела позволяют предположить, что поставленная задача может быть решена в процессе изучения поля силы тяжести и электромагнитного поля.

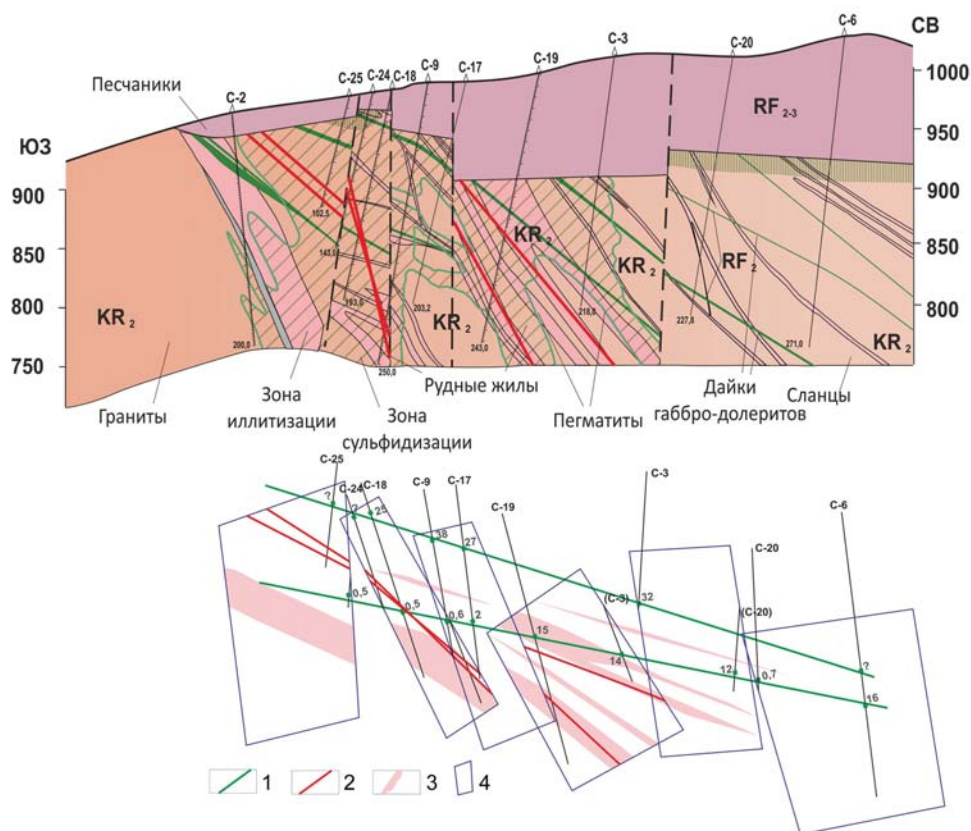
Не менее важная задача, связанная с картированием скрытых под рифейским чехлом рудно-метасоматических зон в фундаменте, по всей видимости, может быть решена электроразведочными методами. Так, рудно-метасоматические образования в керне на фоне пород фундамента характеризуются слабоинтенсивными понижениями удельного электрического сопротивления и повышением поляризуемости, особенно при повышенном содержании сульфидов в прожилках. Пегматиты, которые нередко проявлены в пределах рудно-метасоматических зон, обладают высококонтрастными значениями вызванной поляризации

(ВП), поэтому их картирование возможно методом электротомографии в модификации ВП. Следует отметить, что включение в комплекс того или иного метода геофизических исследований должно основываться не только на распределении физических свойств горных пород, но и учитывать поставленные геологические задачи, геолого-геоморфологические особенности района работ и результаты опытно-методических исследований.

#### *Структурно-тектоническая реконструкция рудно-метасоматических зон*

По результатам петрофизических исследований было установлено, что на фоне вмещающих гранитов дайки габбро-долеритов обладают высококонтрастными аномальными эффектами по всем измеренным параметрам. В этой связи их можно считать реперами при структурных построениях. На основании анализа магнитных свойств пород дайкового комплекса было установлено, что в пределах изучаемой части разреза условно выделяются три группы пород с различной магнитной восприимчивостью: сильномагнитные (величина  $\alpha$  до  $32 \cdot 10^{-3}$  ед. Си), магнитные ( $\alpha$  от 10 до  $15 \cdot 10^{-3}$  ед. Си) и слабомагнитные ( $\alpha$  не превышает  $0,5 \cdot 10^{-3}$  ед. Си).

Петрографические исследования показали, что первые две группы отвечают дайкам с различными содержаниями титаномагнетита, а последняя связана с метасоматическим преобразованием титаномагнетита в лейкоксен.



**Рис. 4. Геологический разрез и блок-диаграмма структурно-тектонической реконструкции на момент формирования рудной жилы: 1 — дайки габбро-долеритов; 2 — рудные жилы; 3 — пегматиты; 4 — блоки кристаллического фундамента**

На основании петрофизических данных и тектонических нарушений, установленных в процессе документации керна скважин, многочисленные тела габбро-долеритов в разрезе были совмещены в две субпараллельные дайки. В результате такой реконструкции серия кварц-настурановых жил образовала одно рудное тело. Восстановленное положение отдельных блоков пород, подверженных серии тектонических деформаций, позволило установить, что фрагменты пегматитов также совмещаются в одну протяженную зону, состоящую из серии тел разной мощности.

Проведенные исследования позволили сделать вывод, что тектонические движения взбросового типа, проявившиеся до формирования среднерифейского чехла, привели к многоамплитудным перемещениям блоков, а вместе с ними к перемещению и разрыву рудных тел и даек габбро-долеритов (рис. 4).

#### Выводы

В результате выполненных петрофизических исследований были решены следующие геологические задачи:

— получены петрофизические характеристики основных комплексов пород месторождения Столбовое, которые были использованы для уточнения геологического строения разреза, выявления областей распространения гидротермально-измененных пород и обоснования постановки комплекса геофизических исследований;

— установлены закономерные связи между физическими свойствами горных пород, их вещественным составом и литологической классификацией;

— проведены структурные построения, которые позволили по аномальным значениям магнитных характеристик габбро-долеритов восстановить первоначальное положение основных блоков кристаллического фундамента и характер тектонических движений до формирования средне-позднерифейского чехла;

— установлены закономерности в синхронности формирования структурного плана дайкового комплекса и зон урановой минерализации, что позволило наметить направления работ при поисках скрытого уранового оруденения на флангах месторождения Столбовое.

Петрофизические исследования являются важной частью методических работ, направленных на построение объемных геолого-геофизических моделей и последующей интерпретации геофизических данных.

Изучение физических свойств горных пород целесообразно проводить на каждом этапе ГРП, что позволяет уточнить комплекс поисковых методов и методик.

Проведенные исследования указывают на необходимость расширения набора изучаемых петрофизических параметров с возможностью получения новой информации о геолого-структурных особенностях объекта и условиях его образования.

#### Благодарности

Авторы выражают искреннюю благодарность своим коллегам А.И. Макарову, Н.В. Леденевой, А.И. Корявко (ФГБУ «ВИМС») и А.А. Бурмистрову (МГУ им. М.В. Ломоносова) за помощь в организации и проведении исследований, а также их обсуждению.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Иволга, Е.Г. Петрофизические исследования при создании геофизических моделей рудных районов (на примере Вознесенского рудного района, Приморье) / Е.Г. Иволга // Тихоокеанская геология. — 2010. — Т. 29. — № 4. — С. 91–113.
2. Машковцев, Г.А. Первоочередные задачи и современные технологии геологоразведочных работ на уран / Г.А. Машковцев, О.В. Алтунин, Н.А. Гребенкин, В.В. Коротков, Т.М. Овсянникова, А.К. Ржевская // Разведка и охрана недр. — 2017. — № 11. — С. 8–22.
3. Машковцев, Г.А. Уран российских недр / Г.А. Машковцев, А.К. Константинов, А.К. Мигута, М.В. Шумилин, В.Н. Щеточкин. — М.: ВИМС, 2010. — С. 507–512.
4. Петров, В.А. Влияние петрофизических свойств и деформаций пород на вертикальную зональность метасоматитов в ураноносных вулканических структурах (на примере Стрельцовской кальдеры, Забайкалье) / В.А. Петров, О.В. Андреева, В.В. Полуэктов // Геология рудных месторождений. — 2014. — Т. 56. — № 2. — С. 95–117

© Ржевская А.К., Гребенкин Н.А., 2018

Ржевская Анна Кирилловна // anna.k.rehevskaya@gmail.com  
Гребенкин Николай Анатольевич // grebenkin2@mail.ru

УДК 553.495

**Салтыков А.С., Кутуева О.В., Авдонин Г.И. (ФГБУ «ВИМС»)**

#### **НАТУРНЫЕ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА СТАДИИ «ОЦЕНОЧНЫЕ РАБОТЫ»**

*Более 40 лет применяется способ исследования геотехнологических свойств водоносных рудовмещающих пластов В.А. Грабовникова, основанный на работе опытной ячейки из двух скважин. За прошедшие годы работами ВИМСа способ развит в «Оптимальную схему геотехнологического опробования», применяемую на оценочной стадии геологоразведочных работ. Не все месторождения в водонасыщенных фильтрующих средах однозначно пригодны для отработки способом СПВ. Из проведенных 36 натуральных опытов в 11 получена отрицательная оценка. В тех случаях, когда опытно-промышленной отработке предшествовало предварительное натурное геотехнологическое опробование отрицательных результатов опытно-промышленных работ не получено. Если в ходе опытного геотехнологического опробования получены технологические растворы, с «опытными концентрациями урана» >10 мг/л, рекомендуется отбирать несколько проб по 50–100 л для лабораторного изучения процесса извлечения урана из ПР. **Ключевые слова:** месторождение урана, подземное выщелачивание, натурные опыты, геотехнологическое опробование.*

Saltykov A.S., Kutueva O.V., Avdonin G.I. (VIMS)

**GEOTECHNOLOGICAL FIELD EXPERIMENTS CONDUCTED DURING THE EVALUATION STAGE**

*The method of researching the geotechnology properties of aquiferous ore-bearing strata based on two-well experimental cell operation was first proposed by V.A. Grabovnikov over 40 years ago and has been used in the industry ever since. Over that time extensive research and testing work by the All-Rus-*