



## МУСКОВИТЫ ЗОЛОТОРУДНЫХ И ХРУСТАЛЕНОСНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАЛА И ИХ ПОИСКОВОЕ ЗНАЧЕНИЕ

В. Н. Огородников, В. В. Бабенко, Ю. А. Поленов, А. Н. Савичев

Минералы группы слюд широко распространены в природе. Они встречаются во всех генетических типах пород – в пегматитах, магматических, метаморфических, метасоматических и осадочных образованиях. Важное геолого-минералогическое значение слюд определяется не только тем, что это полезные ископаемые и широко распространенные породообразующие минералы, но и их способностью легко приспосабливаться к разнообразным физико-химическим и термодинамическим условиям, фиксируя в особенностях своих структур изменения геологических обстановок, предшествующих формированию месторождений различного генезиса. Слюды мусковит-фенгитового ряда являются одними из важнейших породообразующих минералов метаморфических и метасоматических пород различных рудных и нерудных месторождений. Температура и давление заметно влияют на их состав, определяя содержание в них фенгитовой и парагонитовой молекул. Хорошая коррелятивная зависимость параметров кристаллической решетки мусковита от их химического состава делает рентгеноструктурный анализ незаменимым при расшифровке генетической природы мусковитов алюмосилициевых метасоматитов хрусталеносных и золоторудных месторождений.

**Ключевые слова:** мусковиты, ферримусковиты, фенгиты, пегматиты, метасоматиты, золоторудные кварцевые жилы, поисковые критерии, рентгеноструктурный анализ.

## MUSCOVITES IN GOLD-ORE AND CRYSTAL-BEARING DEPOSITS OF THE URALS AND THEIR ROLE IN EXPLORATION

V. N. Ogorodnikov, V. V. Babenko, Yu. A. Polenov, A. N. Savichev

Mica minerals are very widespread and occur in every genetic type of rocks – magmatic, pegmatitic, metamorphic, metasomatic and sedimentary formations. Great geological and mineralogical importance of micas is not only due to the fact that micas are valuable mineral resources and widely occurring rock-forming minerals, but also because of their ability to adjust easily to different physical-chemical and thermodynamic conditions, while their structure features capture changes in geological settings which precede the formation of deposits of various genesis. Muskovite-phengite micas are among the most important rock-forming minerals for metamorphic and metasomatic rocks in various ore and non-ore deposits. Temperature and pressure have a profound impact on composition of such micas and influence on content of phengite and paragonite molecules in them. Clear correlation between crystal lattice parameters of muscovite and its chemical composition makes the X-ray structure analysis essential when interpreting genetic nature of the muscovites of aluminosilicic metasomatites in crystal-bearing and gold-ore deposits.

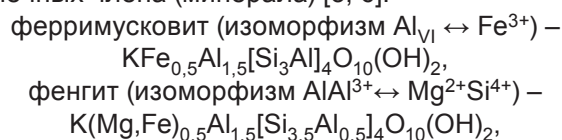
**Keywords:** muscovites, ferrimuscovites, phengites, pegmatites, metasomatites, gold-ore quartz veins, exploration criteria, X-ray structure analysis.

Минералы группы слюд в природе развиты широко, встречаются в породах всех генетических типов (в пегматитах, метаморфических, магматических, осадочных и метасоматических образованиях). Их большое геолого-минералогическое значение определяется не только тем, что это полезные ископаемые и широко распространенные породообразующие минералы, но и их способностью легко приспосабливаться к разнообразным физико-химическим и термодинамическим условиям, фиксируя в особенностях своих структур изменения геологических обстановок при формировании месторождений различного генезиса. Установление взаимосвязей между условиями образования и кристаллохимическими особенностями этих минералов имеет большое генетическое и практическое значение.

Слюды мусковит-фенгитового ряда являются одними из важнейших породообразующих минералов метаморфических и метасоматических по-

род на различных рудных и нерудных месторождениях. Температура и давление заметно влияют на их состав, определяя содержание в них фенгитовой и парагонитовой молекул.

Стандартная формула мусковита  $(KAl_2[Si_3Al]_4O_{10}(OH)_2)$  сравнительно точно отражает состав лишь наиболее высокотемпературных разновидностей. В мусковитах широко выражены различные типы изоморфизма, особенно  $K^+ \leftrightarrow Na^+$ ,  $(Mg,Fe)^{2+} \leftrightarrow Al_{VI}$ ,  $Fe^{3+} \leftrightarrow Al_{VI}$ ,  $Si_{IV} \leftrightarrow Al_{IV}$ . Мусковиты, обогащенные Mg, Fe, Si, называются фенгитами; понижение температуры до уровня зеленосланцевой фации благоприятствует их устойчивости, и в связи с этим значительная часть мелкочешуйчатых низкотемпературных серицитов имеет фенгитовый состав. Кроме того, выделяются еще три конечных члена (минерала) [3, 6]:





феррифенгит –



В настоящее время уже выяснены многие важные закономерности изменения состава мусковит-фенгитов в разных парагенезисах метаморфических пород под влиянием температуры и давления. С возрастанием степени метаморфизма увеличивается замещение кремнезема алюминием в тетраэдральном слое, в то же время в октаэдральном слое уменьшается содержание железомagneзиальных компонентов (рис. 1). Таким образом, при возрастании степени метаморфизма в метаморфических породах слюда становится чище и имеет тенденцию приближения к составу теоретического мусковита [3, 6, 11 и др.]. Тенденция к принятию более низких координационных чисел с возрастанием температуры хорошо известна в полиморфных системах, например, полиморфные модификации  $Al_2SiO_5$ . Возрастание  $Al^{IV}$  при повышении температуры является сейчас общим правилом для большинства силикатов метаморфических пород и подтверждено для плагиоклазов, амфиболов, биотитов, пироксенов.

Давление оказывает обратное влияние: фенгитовость увеличивается, а глиноземистость падает. Высокобарические парагенезисы располагаются в поле фенгита и феррифенгита (см. рис. 1).

Влияние температуры на содержание  $Na_2O$  в мусковитах в различных парагенезисах с натрий содержащими минералами (парагонит, альбит) изучено экспериментально и на природных мусковитах низких и высоких ступеней метаморфизма [1, 4, 6, 11, 12]. Возможность определения темпе-

ратур по данным исследования составов мусковитов, находящихся в равновесии с раствором определенного состава, показанная А. А. Поповым [8] успешно используется в палеотермометрах [1, 4, 6, 12].

На гидротермальных месторождениях золота и горного хрусталя широко распространены метасоматиты березит-лиственитовой, кварц-серицитовой и аргиллизитовой формаций. Их формационная принадлежность определяется геологической позицией (связью со структурно-вещественными комплексами определенных геодинамических режимов) и физико-химическими условиями развития средне- и низкотемпературного гидротермального процесса [1, 4, 6, 11].

Слюды стадии кислотного выщелачивания в метасоматитах березит-лиственитовой формации Урала представлены мусковитом (рис. 2), причем мусковиты из лиственитов, образованных по основным и ультраосновным породам, представлены ферримусковитом, тогда как состав мусковитов из березитов по гранитоидам приближается к нормальным мусковитам. По рентгеноструктурным данным мусковиты представлены политипом  $2M_1$ .

Мусковиты рудной (щелочной) стадии образуются при более низких P-T параметрах. Это приводит к тому, что в них развивается мусковит (серицит)  $1M$ ,  $1Md$  или иллиты. Так, на Воронцовском золоторудном месторождении широко проявились процессы аргиллизации, которые сопровождаются низкотемпературным оруденением, содержащим реальгар и аурипигмент. Мусковит (серицит) имеет структуру  $1M$  и минимальное количество фенгито-

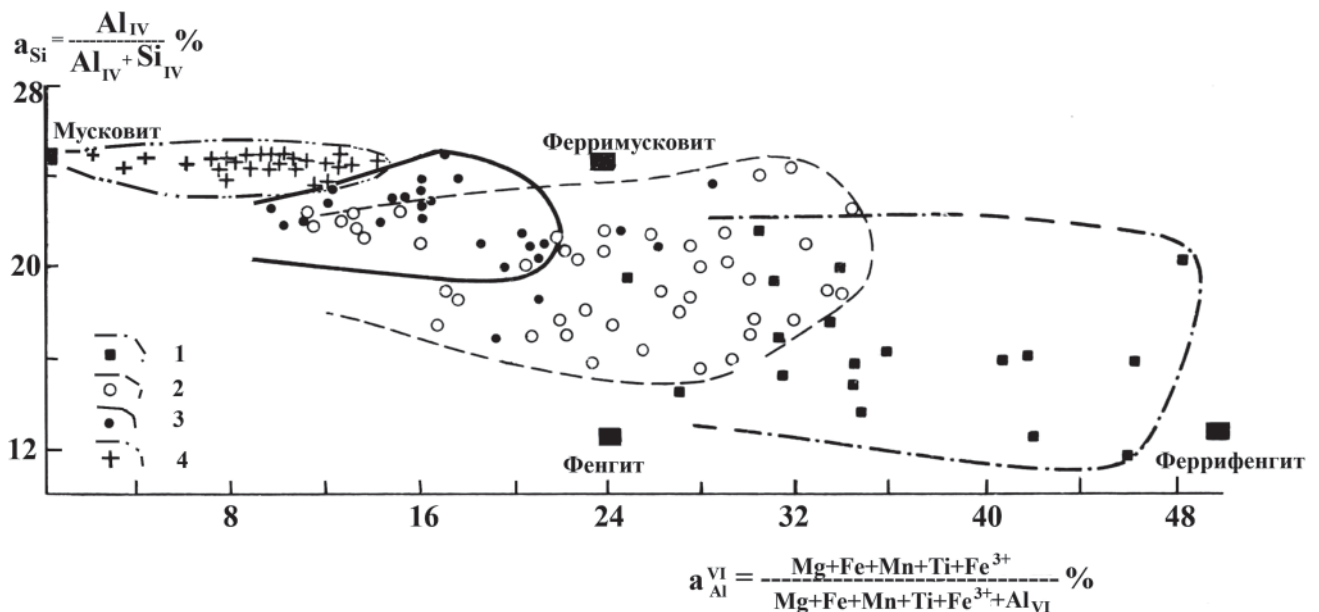
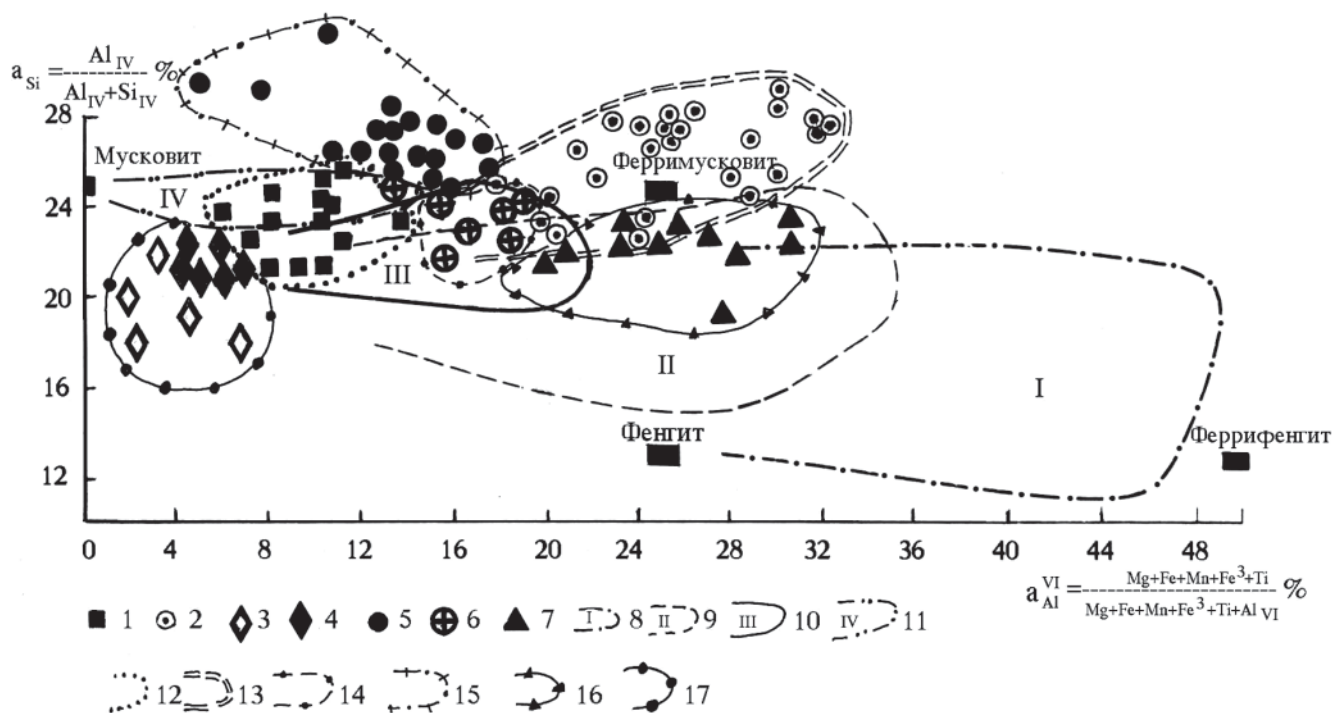


Рис. 1. Степень изоморфизма алюминия в четверной и шестерной координации в составе мусковит-фенгитов в зависимости от степени метаморфизма вмещающих пород [3]

1 – парагенезисы мусковита с глаукофаном, эгирином и рибекитом; 2 – метапелиты хлоритовой, биотитовой зон (хлоритоидная субфация зеленосланцевой фации); 3 – метапелиты гранатовой и ставролитовой зон (эпидот-амфиболитовая фация); 4 – метапелиты кианитовой и силлиманитовой зон (амфиболитовая фация)



**Рис. 2.** Степень изоморфизма алюминия в четверной и шестерной координации в составе мусковит-фенгитов метасоматитов на золоторудных, хрусталеносных и месторождениях мусковитовых пегматитов на Урале

1–4 – мусковиты золоторудных месторождений: из березитов (1), из лиственитов (2), из рудных тел Воронцовского месторождения (3), из рудных тел рудопроявлений Приполярного Урала (4); 5–6 – мусковиты хрусталеносных месторождений [6]: из оторочек кварцевых жил (5), из хрусталеносных полостей (6); 7 – мусковиты из мусковитовых пегматитов [6]; 8–11 – поля мусковитов из метаморфических пород [3]: из парагенезисов с глаукофаном (8), из парагенезисов зеленосланцевой фации (изограда биотита – 9), из парагенезисов эпидот-амфиболитовой фации (изограда граната, ставролита – 10), из парагенезисов амфиболитовой фации (изограда силлиманита – 11); 12–17 – поля: 12 – березитов, 13 – лиственитов, 14 – хрусталеносных полостей, 15 – околожильных метасоматитов, 16 – мусковитовых пегматитов, 17 – золоторудных тел

вой составляющей (см. рис. 2). Схожая картина отмечается для синрудных мусковитов с золоторудных проявлений Приполярного Урала.

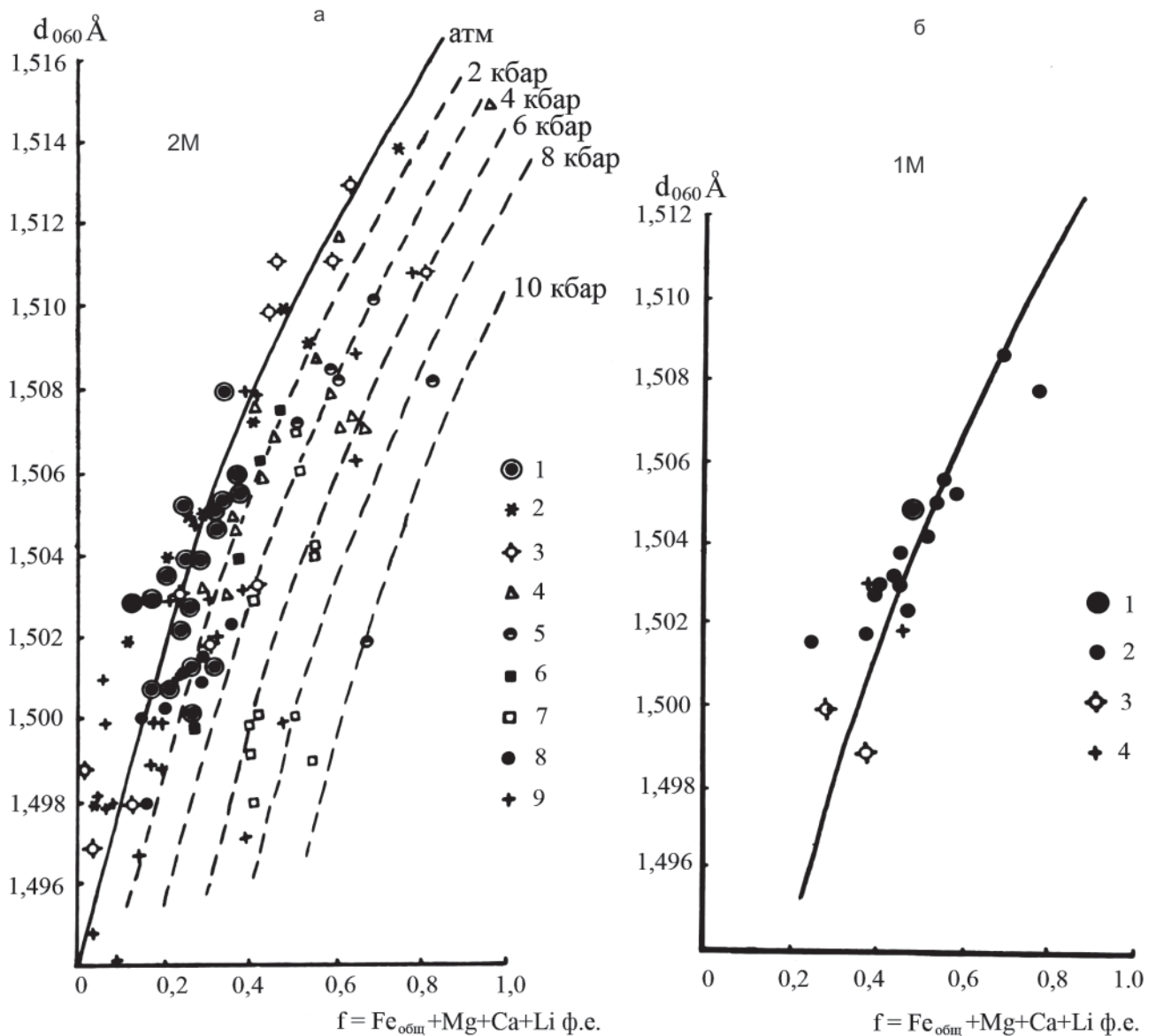
В зальбандах кварцевых жил на хрусталеносных месторождениях Урала (стадия кислотного выщелачивания) обычно развиваются двуминеральные парагенезисы, состоящие из алюмосиликатов: силлиманит-кварцевых, андалузит-мусковит-кварцевых, мусковит-кварцевых, мусковит-хлорит-кварцевых метасоматитов [1, 6]. Направленность метасоматических преобразований и минеральные парагенезисы свидетельствуют о высокой кислотности гидротермальных растворов, которые выщелачивают все компоненты из вмещающих пород. Более инертным компонентом является алюминий, поэтому оторочки кварцевых жил сложены алюмосиликатами. Мусковит алюмокремниевых метасоматитов, сопровождающих образование хрусталеносных кварцевых жил, образуется в большом интервале температур, поэтому представлен как крупночешуйчатыми (1–3 мм), так и мелкочешуйчатыми (не более 0,1–0,5 мм) разностями. Цвет мусковита обычно серебристый, но у низкотемпературных разностей появляется зеленоватый оттенок. Появление зеленой окраски у светлых слюд некоторые исследователи связывают с повышением щелочности

среды при минералообразовании. Мусковит обычно имеет структуру типа 2M.

Мусковиты из хрусталеносных полостей (поздняя щелочная стадия) образуют околосредовые оторочки, нередко совместно с альбитом, имеют размеры 0,1–5 мм, иногда до 2 см, хорошие кристаллографические очертания, серебристый цвет, сходны с мусковитами лиственитов (см. рис. 2), но в отличие от последних имеют политип 1M.

Мусковиты из мусковитовых пегматитов образуют поле между ферримусковитами и фенгитами (см. рис. 2), что обусловлено высокими давлениями флюидов при формировании пегматитов [2, 6, 10, 11].

На кварцево-жильных, золоторудных и хрусталеносных месторождениях широко развиты алюмокремниевые метасоматиты, которые занимают значительно большие объемы пород, чем сами кварцево-жильные тела. В связи с этим они приобретают особое значение для поисков и прогноза скрытого оруденения. Мусковиты из метасоматических зон имеют несколько генераций. Макро- и микроскопически они часто не различаются, но зато разделяются по химическому составу, который обусловлен различиями термодинамической обстановки при их образовании



**Рис. 3.** Зависимость параметра  $d_{060}$  от  $f = \text{Fe} + \text{Mg} + \text{Ca} + \text{Li}$  ф. е. в мусковитах структурного типа 2М (а) и 1М (б) [1, 6]  
а – анализы мусковитов: 1 – В. Н. Огородников [6]; 2 – Н. Е. Залашкова, Л. В. Сырицо [6]; 3 – Е. П. Соколова [9]; 4 – Velde [6, 11]; 5 – Ernst [6, 11]; 6 – McNamara [6, 11]; 7 – Makanjola, Nowie [6, 11]; 8 – Р. И. Милькевич, Н. В. Котов [4]; 9 – единичные анализы ряда авторов

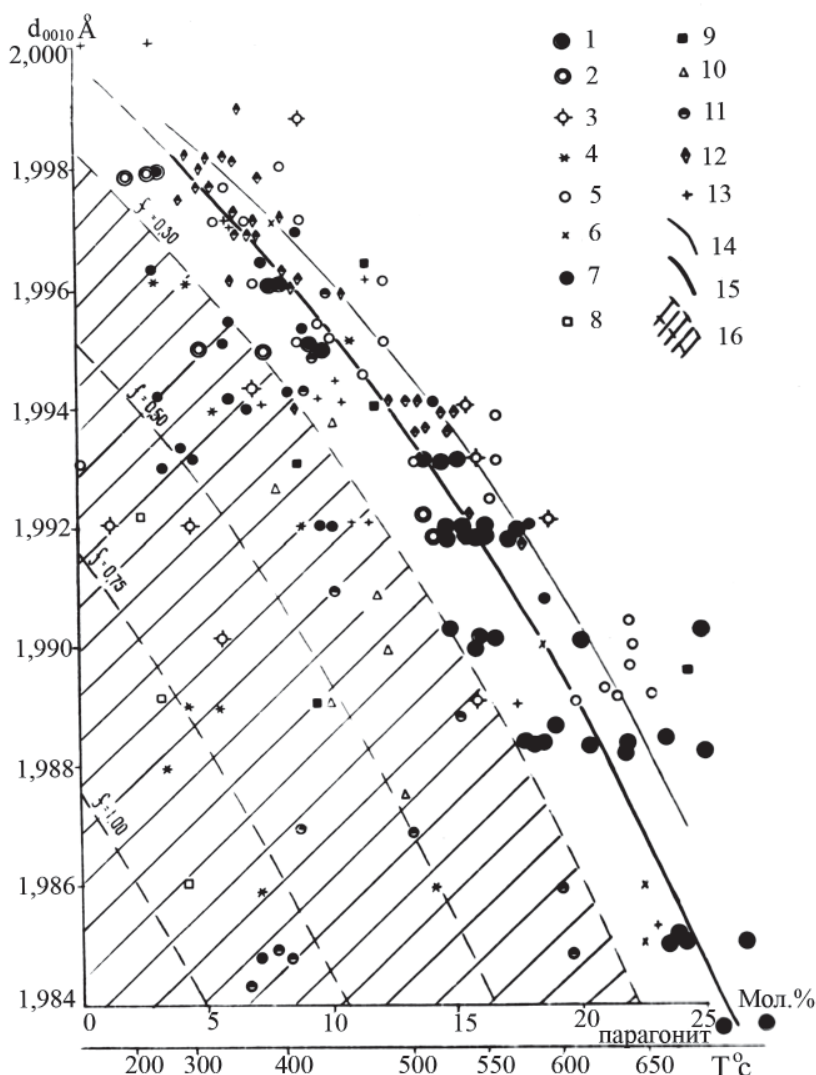
б – анализы мусковитов: 1 – В. Н. Огородников [6]; 2 – Maxwell [13]; 3 – Е. П. Соколова [9]; 4 – Е. И. Михеев [5]

и различной кислотностью – щелочностью воздействующих растворов (см. рис. 2). Трудность выделения мономинеральных фракций, большие денежные и временные затраты при определении их химического состава не позволяют поисково-разведочными партиями применять этот способ в широких масштабах. Но хорошая коррелятивная зависимость параметров кристаллической решетки минералов от их химического состава, в частности мусковита, возможность применения экспрессного рентгеноструктурного анализа и минимальное количество материала для пробы, причем не очень чистого, делает рентгеноструктурный анализ незаменимым при расшифровке генетической природы минералов алюмокремниевых метасоматитов хрусталеносных и золоторудных месторождений.

Известно, что физические свойства мусковитов зависят от их химического состава, который изменяется в зависимости от условий образования. Была изучена зависимость параметров кристаллической решетки мусковитов от их химического состава [6, 11]. Рядом исследователей [5, 9] показано, что значение параметра  $d_{060}(b_0)$  кристаллической решетки мусковитов зависит от содержания Fe, Mg, Ca, Li. Это позволило вывести кривые зависимости параметра  $b_0$  от суммы  $\text{Fe} + \text{Mg} + \text{Ca} + \text{Li}$  в формульных единицах (ф. е.) (рис. 3).

При содержаниях этих элементов в мусковитах существенное влияние на параметр  $b_0$  оказывают в основном Fe, Mg, влияние Ca и Li сказывается лишь при высоких содержаниях этих элементов, что встречается в мусковите довольно





**Рис. 4.** Зависимость параметра  $d_{0010}$  от парагонитовой составляющей и температуры образования мусковитов [6]

1–13 – анализы мусковитов различных авторов: 1 –  $f = 0-0,25$  ф. е. [6]; 2 –  $f = 0,25-0,5$  ф. е. [6]; 3 – Е. П. Соколова [9]; 4 – Н. Е. Залашкова, Л. В. Сырицо [6, 11]; 5 – Н. В. Котов и др. [4]; 6 – Zen, Albee, [6, 11]; 7 – Cipriani, Sassi [11]; 8 – Н. В. Котов [4]; 9 – McNamara [6, 11]; 10 – Velde [6, 11]; 11 – Evans, Guidotti [11]; 12 – Ernst [6, 11]; 13 – единичные анализы других авторов; 14 – кривая Н. В. Котова и др. [4]; 15 – кривая  $f = 0-0,25$  [6]; 16 – поле мусковитов с повышенным содержанием  $f = \text{Fe}+\text{Mg}+\text{Ca}+\text{Li}$  ф. е. (проведены линии изосодержаний  $f = 0,30, 0,50, 0,75, 1,0$  ф. е.)

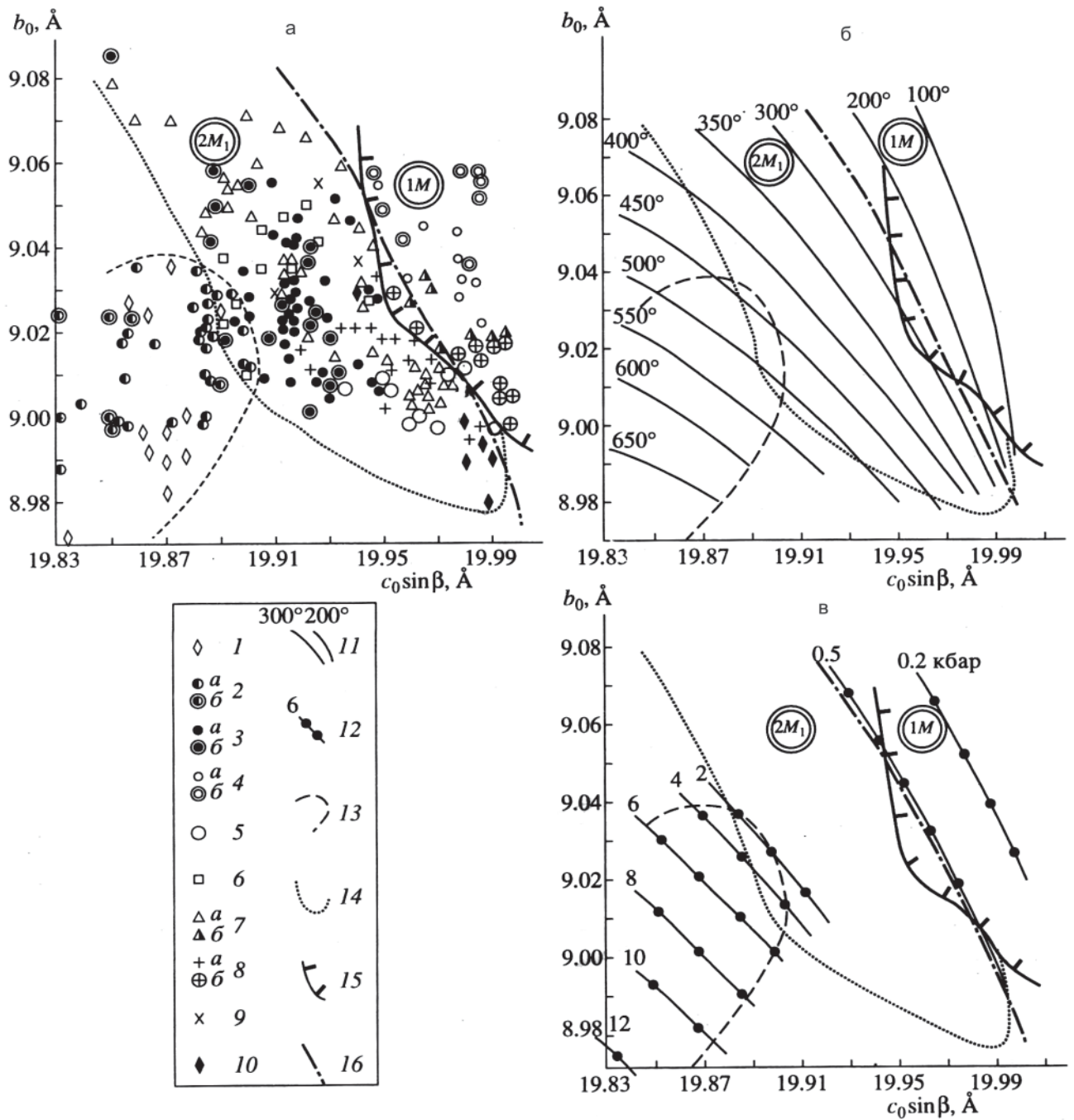
редко. Кривые построены с учетом структурного типа мусковитов 2М и 1М. Необходимо отметить, что ранее при установлении указанной зависимости не учитывался структурный тип мусковитов. Так, Н. В. Котовым и др. [4] для мусковитов структурного типа 2М была приведена кривая Максвелла [14], полученная только для мусковитов структурного типа 1М, 1Мд (иллиты). На рис. 3 видно, что кривые для мусковитов типов 1М и 2М почти параллельны (см. рис. 3). Это показывает, что мусковиты типа 1М постоянно имеют меньший параметр  $b_0$  при одной и той же железистости по сравнению с мусковитом типа 2М [1, 6]. Мусковиты структурного типа 3Т(?), представленные обычно литиевыми разностями, «укладываются» в кривую 2М.

Экспериментальное исследование влияния давления на параметры кристаллической решетки мусковита показало, что оно существенно только для параметра  $b_0$ : увеличение давления до 10 кбар уменьшает его на 0,050–0,070 Å ( $d_{060} = 0,008-0,012$  Å) по гиперболической кривой, но при дальнейшем увеличении давления он практически не изменяется. Сопоставление экспериментальных данных с данными изучения му-

сковитов [1, 4, 6], сформированных при давлении 2–10 кбар (фенгитов), позволило выделить поле мусковитов, образованных при повышенных давлениях, и провести изобарические кривые 2, 4, 6, 8 и 10 кбар (см. рис. 3, а).

Параметр кристаллической решетки  $c_0 \sin \beta$  ( $d_{0010}$ ) в маложелезистых слюдах зависит преимущественно от содержания парагонитовой молекулы, которое, в свою очередь, определяется температурой образования [1, 6, 12, 13]. На этот параметр влияют и другие компоненты. Так, присутствие Ca, Fe, Mg, Li его понижает, а повышение содержания Ag и Rb, наоборот, увеличивает [1, 4, 5, 6, 9]. По опубликованным данным и материалам авторов [1, 6] была построена кривая зависимости  $c_0 \sin \beta$  ( $d_{0010}$ ) от содержания парагонитовой молекулы (рис. 4).

Для построения кривой использовались анализы мусковитов, в которых  $f = \text{Fe}+\text{Mg}+\text{Ca}+\text{Li}$  не превышает 0,25 ф. е. Так как содержание парагонитовой составляющей зависит от температуры образования мусковитов, проводимую кривую можно рассматривать как кривую зависимости  $c_0 \sin \beta$  ( $d_{0010}$ ) от температуры. Анализы мусковитов с  $f > 0,30$  ф. е. образуют поле ниже кривой зави-



**Рис. 5.** Зависимость между параметрами кристаллической решетки светлых слюд из различных геологических образований (а), различающихся величинами температуры (б) и давления (в) формирования. Составлен с использованием данных [1, 3, 4, 6, 11]

Фенгит: 1 – из глаукофановых сланцев, 2 – из кварц-плагноклаз-слюдистых метасоматитов Светлинского (а) и Астафьевского (б) месторождений горного хрусталя (Южный Урал); 3 – мусковит из березитов и кварц-слюдистых метасоматитов Светлинского (а) и Астафьевского (б) месторождений; 4 – серицит из хрусталоносных гнезд в кварцевых жилах Светлинского (а) и Астафьевского (б) месторождений; 5 – серицит из метаморфитов серицит-хлоритовой субфации; 6 – мусковит из слюдоносных пегматитов; 7 – мусковит из березитизированных – лиственитизированных пород уральских золоторудных месторождений (а) и серицит (сорудный) из золотосодержащих медноколчеданных месторождений Урала (б); 8 – мусковит из существенно слюдистых метасоматитов золоторудного месторождения Мурунтау (а) и серицит из сорудных кварц-слюдистых метасоматитов того же объекта (б); 9 – мусковит из альбит-кварц-слюдистых метасоматитов Гагарского золоторудного месторождения (Средний Урал); 10 – серицит мусковитового типа из кварц-серицитовых метасоматитов Воронцовского золоторудного месторождения (Северный Урал); 11 – изотермы; 12 – изобары; 13 – поле фенгитов (из высокобарических образований); 14 – поле мусковитов из метасоматитов стадии кислотного выщелачивания; 15 – поле серицитов стадии рудоотложения и хрусталеобразования; 16 – граница раздела мусковитов ( $2M_1$ ) и серицитов ( $1M$ )

симости  $d_{0010}$  от парагонитовой составляющей (см. рис. 4).

Полученные зависимости параметров кристаллической решетки мусковитов от химического



состава дают возможность использовать их в качестве геотермобарометра (рис. 5). Рис. 5, а представляет собой сводку параметров кристаллической решетки светлых слюд из геологических образований, сформировавшихся при различных Р-Т параметрах. На основании наших данных и работ [6, 7 и др.] выявлено изменение указанных параметров этих слюд в зависимости от изменения температуры (см. рис. 5, б) и давления (см. рис. 5, в). Из анализа рис. 5 следует, что снижение температуры (от 250 °С) и давления (от 0,5 кбар) обуславливает смену серицита 2М (мусковитового типа) на серицит 1М, а его, в свою очередь, на гидрослюда. На формационном уровне это выражается следующим образом. При  $T = 250\text{--}400$  °С и  $P = 0,6(0,5)\text{--}1,8$  кбар образуются метасоматиты березит-лиственитовой и кварц-серицитово-формаций, причем вытянутость поля составов серицитов 2М<sub>1</sub> вдоль изотерм в указанном интервале температур для метасоматитов стадии кислотного выщелачивания обуславливается главным образом составом исходных пород, которые этот минерал замещают (отмечена прямая корреляция между железистостью тех и других [6]). Падение давления и(или) температуры в системе по вертикали или латерали должно приводить к появлению в указанных метасоматитах серицита 1М. Это действительно свойственно разрезам метасоматически измененных пород, относящихся к березит-лиственитовой и кварц-серицитово-формациям [6, 7]. На рис. 5 хорошо просматривается конвергентность березитов-лиственитов. В первом случае (развитие березитов-лиственитов в составе кварц-серицитово-формации) это определяется в основном повышением давления в системе, а во втором (образование аргиллизитов в составе кварц-серицитово-формации) – преимущественно падением температуры.

Метасоматиты рудной (щелочной) стадии по сравнению с таковыми стадии кислотного выщелачивания образуются при более низких Р-Т параметрах. Это приводит к тому, что в них развивается серицит 1М (не 2М<sub>1</sub>) или даже гидрослюда. В последнем случае дорудные и сорудные метасоматиты относятся к разным формациям.

Подытоживая, укажем, что формационное расчленение дорудных метасоматитов, содержащих светлые слюды (относящихся к березит-лиственитовой, кварц-серицитово- и аргиллизитовой формациям), должно базироваться на результатах рентгеновской диагностики этих минералов.

Таким образом, параметры кристаллической решетки светлых слюд представляют собой реперы развития гидротермально-метасоматического процесса и могут использоваться как индикаторы формационного членения дорудных и сорудных метасоматитов гидротермальных месторождений золота, горного хрусталя и др. и тем самым являться их поисковыми критериями.

*Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований № 14-23-24-27 Президиума РАН и интеграционного проекта «Развитие минерально-сырьевой базы России...», руководитель проекта академик РАН В. А. Коротеев. Частичное финансирование осуществлялось по госбюджетной теме 5.4667.2011(Г-3 УГГУ), руководитель – профессор В. Н. Огородников.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Болтыров, В. Б.** Использование мусковита метасоматических пород в геологической термометрии [Текст] / В. Б. Болтыров, В. Н. Огородников // Геология метаморфических комплексов. – Свердловск, 1974. – С. 75–85. – (Тр. СГИ, вып. 108).
- Гинзбург, А. И.** Основы геологии гранитных пегматитов [Текст] / А. И. Гинзбург, И. Н. Тимофеев, Л. Г. Фельдман. – М. : Недра, 1979. – 296 с.
- Кориковский, С. П.** Изменение состава мусковит-фенгитовых слюд при метаморфизме [Текст] / С. П. Кориковский // Фазовые равновесия и процессы минералообразования. – М. : Наука, 1973. – С. 71–94.
- Котов, Н. В.** Палеотермометрия мусковит-содержащих метаморфических пород, по данным рентгеновского и химического изучения мусковита [Текст] / Н. В. Котов, Р. И. Милькевич, С. И. Турченко // Докл. АН СССР. – 1969. – Т. 184, № 5. – С. 1180–1185.
- Михеев, В. И.** Влияние изоморфного замещения в слюдах на характер дебаеграмм [Текст] / В. И. Михеев // Минерал. сб. Львов. геол. об-ва. – 1954. – № 8. – С. 134–138.
- Огородников, В. Н.** Закономерности размещения и условия образования кварцево-жильных хрусталеносных и золоторудных месторождений Урала : Автореф. дис. ... д. г.-м. н. [Текст] / В. Н. Огородников. – Свердловск, 1993. – 54 с.
- Омельяненко, Б. И.** Околорудные гидротермальные изменения пород [Текст] / Б. И. Омельяненко. – М. : Недра, 1978. – 215 с.
- Попов, А. А.** К геохимии мусковита [Текст] / А. А. Попов // Физико-химические проблемы гидротермальных и магматических процессов. – М. : Наука, 1975. – С. 237–254.
- Соколова, Е. П.** О рентгенометрическом изучении минералов группы слюд [Текст] / Е. П. Соколова // Рентгенография минерального сырья. – М. : Госгеолтехиздат, 1966. – Вып. 5. – С. 106–122.
- Шмакин, Б. М.** Мусковитовые и редкометалльно-мусковитовые пегматиты [Текст] / Б. М. Шмакин. – Новосибирск : Наука, 1976. – 367 с.
- Cipriani, C.** Metamorphic White Micas; Definition of Paragenetic Fields [Text] / C. Cipriani, F. P. Sassi, A. Scolari // Schweiz. Miner. Petrogr. Mitt. – 1971. – Vol. 51. – P. 259–302.





12. **Eugster, H. P.** The joint muscovite-paragonite [Text] / H. P. Eugster, H. S. Yoder // Carnegie Inst. Wash. Yearbook. – 1955. – Vol. 54. – P. 124.

13. **Jiyama, J. T.** Étude des réaction d'échange d'ions Na-K dans la séria muscovite-paragonite [Text] / J. T. Jiyama // Bull. Soc. franc.

mineral. et cristal. – 1964. – Vol. 87, N 4. – P. 532–541.

14. **Maxwell, D. T.** High-grade diagenesis and low-grade metamorphism of illite in the Precambrian Belt Series [Text] / D. T. Maxwell, J. Hower // Am. Mineral. – 1967. – Vol. 52, N 5–6. – P. 648–652.

© В. Н. Огородников, В. В. Бабенко, Ю. А. Поленов, А. Н. Савичев, 2014

**ОГОРОДНИКОВ Виталий Николаевич**

Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, заведующий кафедрой, д. г.-м. н., профессор  
E-mail: [igg@ursmu.ru](mailto:igg@ursmu.ru)

**БАБЕНКО Владимир Витальевич**

Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, декан, д. г.-м. н., профессор  
E-mail: [igg@ursmu.ru](mailto:igg@ursmu.ru)

**ПОЛЕНОВ Юрий Алексеевич**

Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, директор Уральского геологического музея, д. г.-м. н.  
E-mail: [igg@ursmu.ru](mailto:igg@ursmu.ru)

**САВИЧЕВ Александр Николаевич**

Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, ст. науч. сотр.  
E-mail: [gigg@ursmu.ru](mailto:gigg@ursmu.ru)

**Сибирский филиал «Березовгеология» ФГУП «Урангео»**

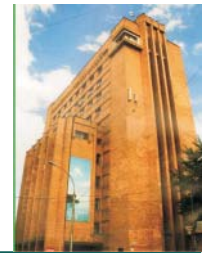
Предприятие работает с 1947 г., успешно выполняет государственные и частные заказы на геологоразведку (золото, железо, уран, уголь).

Предприятие имеет геологический профиль, все необходимые лицензии, сертификаты и оказывает услуги на самом современном уровне:

- выполнение геолого-разведочных работ на все виды минерального сырья с бурением, горными, дорожными работами, включая проектирование и полупромышленную добычу, гидродобычу, подземное выщелачивание, составление отчетов и защита запасов в ГКЗ;
- радиационные исследования жильных и производственных зон, помещений с выдачей экспертных заключений;
- выполнение инженерно-геологических, геофизических и гидрогеологических исследований для разных целей;
- выполнение всех видов топогеодезических работ, включая высокоточную привязку (до 1 см) с применением специального спутникового оборудования R7.

**Директор**  
**Шокорев Николай Николаевич**

Российская Федерация,  
Новосибирск, ул. Каменская, 74  
Тел./факс: +7(383)224-84-88, 224-72-01  
E-mail: [sekretar@berez.aalter.ru](mailto:sekretar@berez.aalter.ru)



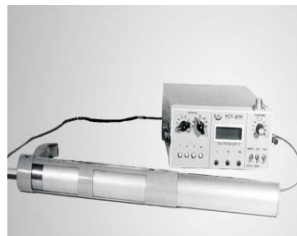
На правах рекламы



Предприятие имеет собственный завод по выпуску радиометрической и электроразведочной геофизической аппаратуры:



Спектрометр РСП-301М1 «Поиск 3М1»



Радиометр РСП-301М «Поиск 3М»



Электроразведочная аппаратура ЭРП-5 «Березка»



Скважинный прибор гамма-и электрокаротажа КСП-38М1(54М)



Скважинный прибор спектрометрического гамма-каротажа РСКП-301М «Терек-М»

Предприятие имеет собственные буровые станки (глубина бурения 25–1200 м) разных типов с комплексами ССК Boart Longyear серий BQ, NQ, HQ; бульдозеры (Т170, В10, Т20), длинномеры, тралы, автокраны, вездеходный, грузовой и легковой автотранспорт. Есть производственно-техническая база по ремонту бурового оборудования и автотранспортной, гусеничной техники, со складскими, гаражными теплыми и холодными помещениями; база отдыха «Синеморье» на берегу Обского водохранилища.

*Предприятие готово на договорных условиях выполнять в короткие сроки и с хорошим качеством производственные и научно-технические работы в любых регионах России и за рубежом.*