

**Р.К. Сагдиева, И.В. Таловина, Н.И. Воронцова**  
**СОВРЕМЕННЫЕ ВЗГЛЯДЫ  
НА ФОРМИРОВАНИЕ  
НИКЕЛЕНОСНЫХ  
КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ  
УЛЬТРАОСНОВНЫХ МАССИВОВ  
НА УРАЛЕ**

Приведена концепция образования богатых никеленосных кор выветривания там, где имело место мультипликативное наложение друг на друга рудных концентраций эндогенного, термально-гипергенного и элювиального генезиса (иначе – сочетания гипергенного и гипогенного факторов), в результате которых формируются полихронные и полигенные гипергенные образования. Рудопроявления (месторождения) возникают на эпигенетической ветви регрессивного ряда породного круговорота вещества в земной коре. Вышесказанное говорит о том, что поверхностные элювиальные образования могут иметь продолжение на глубину, особенно в зонах разломов, контактов интрузивных тел, широкого развития пород дайкового комплекса и других тектонически ослабленных зонах. Данная концепция сформулирована по результатам детального анализа фондовых материалов, а также по данным лабораторных исследований, проводимых коллегами на протяжении многих лет.

Ключевые слова: формирование никеленосных кор выветривания ультраосновных массивов на Урале, термальный гипергенез.

**Б**ольшая часть мировых запасов гипергенных руд никеля заключена в месторождениях кайнозойских латеритных покровов современного тропического пояса Земли. Эти покровы представляют собой уникальные образования. Полных аналогов их неизвестно и, вероятно, не возникало в течение всей геологической истории планеты. Территория России, располагаясь в кайнозойе в высоких широтах умеренного пояса, лишена подобных латеритных покровов и, соответственно, месторождений, аналогичных известным в Новой Каледонии, Индонезии, на Кубе и в других странах [1].

Проблема генезиса кайнозойских латеритных месторождений мало интересует зарубежных эксплуатационников, поскольку

поиски и обработка их рудных залежей просты, а вопросы локализации легко решаемы.

Другое дело гипергенные никелевые месторождения России. Как показал столетний опыт их изучения, механический перенос методов поисков латеритных месторождений никеля современного тропического пояса Земли, применяемых за рубежом, на оценку никеленосности территории России некорректен [2, 3]. Все российские месторождения гипергенного никеля более древние, возникали в существенно иных тектонических, фациальных и палеогеографических обстановках, как правило характеризуются преобладанием более бедных руд, худшими технико-экономическими показателями обработки, в связи с чем требуют применения существенно иных методов прогнозирования, поисков и оценки.

Еще в 30-е годы среди российских геологов четко обозначились две казалось бы непримиримые точки зрения на происхождение ежегодно открывавшихся в те времена рудопроявлений кобальт-никелевых руд. Выделение среди них наиболее перспективных объектов было сложной задачей.

Большая группа в основе своей маститых авторитетных ученых (И.И. Гинзбург, И.И. Савельев, Н.П. Херасков, Ф.Ф. Сысоев, И.З. Корин, а затем их последователи — К.К. Никитин, Ю.Ю. Бугельский, И.И. Эдельштейн, А.М. Кудряшов, К.Н. Бородин, И.В. Витовская и многие другие) вопреки фактам утверждали и до сих пор утверждают исключительно экзогенный в основе своей элювиально-латеритный генезис всех известных в России месторождений гипергенных руд никеля. «Мы считаем доказанным, что все месторождения силикатных руд Урала связаны с древней корой выветривания. Все теории о гидротермальном генезисе этих руд считаем несостоятельными. Образование коры связано с воздействием древних грунтовых вод на серпентинитовые массивы» [4]. Другая — немногочисленная группа: В.В. Никитин, А.Н. Алешков, Д.Г. Ульянов, а в наше время В.Н. Разумова, А.С. Вершинин, Б.М. Михайлов и др., не возражая против формирования никелеворудных залежей в различных зонах сферы гипергенеза, утверждает их полихронный, полифациальный генезис и участие в этом процессе вод неметеорного происхождения. Более того, исходя из разрабатываемой нами концепции, качественные никелевые руды, удовлетворяющие требованиям современного производства, возникают только в месторождениях, где имело место мультипликативное наложение друг на друга рудных концентраций

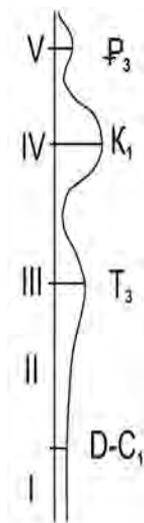


Рис. 1. Относительная интенсивность проявления рудогенерирующих процессов формирования никелевых месторождений на Урале. Эндогенная группа: I – сингенетичные сульфидные руды; II – эпигенетичные сульфидные руды. Гипергенная группа: III – оксидные руды термального гипергенеза; IV – оксидные элювиальные руды (кор выветривания и рудных шляп); V – сульфидные осадочные и осадочно-инфильтрационные рудогенерирующие процессы

эндогенного, либо термально-гипергенного и элювиального генезиса.

Образование месторождений подобных руд представляется в следующем виде.

1. Гипергенные месторождения и рудопроявления никеля образуют единый генетический ряд, все члены которого объединены родством с ультраосновными массивами дунит-гарцбургитовой формации (рис. 1). Магнезиальная группа этих массивов ( $MgO: FeO > 9$ ) характеризуется изначально высоким содержанием никеля (0,2–0,25%) и является благоприятным субстратом для формирования гипергенных месторождений.

2. Формирование никелевых рудных залежей продолжалось все время существования ультраосновных массивов от их зарождения в верхней мантии и даже до частичного разрушения в автономных болотах, возникавших на никеленосном элювии в период мезозойско-кайнозойской стагнации региона.

3. В палеозойской истории Уральского складчатого пояса неоднократно происходило внедрение ультраосновной магмы и протрудирование ультрабазитовых тел по зонам глубинных разломов [5]. Пневмо-гидротермальные флюиды, сопровождавшие палеозойскую магматическую деятельность, в анионной части содержали значительные количества серы, что являлось причиной формирования по пути их движения аномальных скоплений (рудопроявлений, возможно месторождений) халькофилов (Fe, Cu, Pb, Zn, Ni и др.).

В настоящее время палеозойские рудоносные разломы четко фиксируются протяженными зонами меланжа и «гипербазитовыми поясами».

4. Соответственно, иначе магматическая (эндогенная) деятельность проявилась в раннемезозойский этап тектоно-магматической активизации Урала, сопровождавшийся омоложением глубинных разломов. Термический режим раннего мезозоя на Урале был не столь напряженным, и гидротермальная деятельность имела «очаговый» характер, проявляясь лишь на отдельных участках. Последние представляли собой субвертикальные штоки (трубы, ходы) диаметром в десятки, очень редко первые сотни метров, располагавшиеся в зонах древнего меланжа.

Очевидно, наиболее благоприятной средой для выщелачивания, переноса и осаждения никеля являлись термальные карбонатные восстановительные (глеевые) воды, фильтровавшиеся через серпентинит-карбонатный меланж [7, 8]. В этом случае в сферу гипергенеза поступали, практически, лишенные серы, существенно кремнисто-карбонатные воды, в катионной части которых содержались двухвалентное железо, марганец, а также никель и магний. Кремний, никель и магний выпадали из растворов на гипергенных барьерах спада температуры, давления, смены рН, образуя при этом различные никелевые гидросиликаты, а также халцедон и кварц. Железо и марганец, оставаясь в двухвалентной форме, поднимались выше — в приповерхностную зону окисления, где на гипергенном окислительном барьере при смене Eh высаживались в форме минералов-гидроксидов железа и марганца: гетита, гидрогетита, пиролюзита, марганцовистых асболанов, образуя скопления бесструктурных охр, отчасти сохранивших реликты первичного состава ультрабазитов: Mg, Ni, Co, а также комплекс глубинных элементов — Mo, Sn, Au и других, не характерных для них. Так в сфере гипергенеза возникали две зоны: нижняя с восстановительной средой, а по этому мало железистая — силикатная, содержание никеля в которой часто составляет 3–5% и более, и верхняя окислительная — кремнисто-охристая, с более низким содержанием никеля (0,5–0,7%), но повышенным содержанием кобальта (до 0,1–0,2%).

Границы этих зон обычно имеют прихотливые очертания. Иногда никельсодержащие восстановительные воды в виде ветвящихся столбов могут внедряться в окислительную зону.

5. Гипергенные маложелезистые существенно силикатные никелевые руды часто встречаемые в нижней части зоны гипергенеза являются своеобразным «промежуточным звеном» между эндогенными (син- и эпигенетическими) и экзогенными (элювиальными, осадочными, осадочно-инфильтрационными)

никелевыми рудами, т.е. относятся к группе руд термального гипергенеза [2].

6. Следовавший за палеозойской тектоно-магматической активизацией платформенный этап развития Урала характеризовался широким распространением благоприятных для элювообразования физико-химических обстановок. На выходах ультраосновных пород повсеместно возникали иногда хорошо химически проработанные коры выветривания и рудные шляпы, а в районах развития карбонатных пород — различные карстовые образования.

Именно с экзогенным перераспределением никеля в зоне поверхностного гипергенеза сторонники элювиальной гипотезы и связывают формирование всех гипергенных месторождений.

Но так ли это?! Попробуем разобраться более детально.

Как отмечалось выше, кларк никеля в уральских гипербазитовых массивах составляет 2–2,5. Соответственно кларк концентрации (КК) в промышленных гипергенных рудах 4–5. Таким образом при формировании месторождений с запасами, например 300 тыс. т необходимо полностью вынести никель из объема в миллионы тонн гипербазитов. Очевидно процесс столь объемного перемещения металла внутри относительно небольших по размерам ультраосновных массивов не может остаться незамеченным. Но в обширной литературе, посвященной генезису гипергенных месторождений, нет описания участков гипербазитовых массивов, лишенных никеля, которые являлись донорами элювиальных месторождений. Наоборот, рудные тела как правило располагаются в зонах обогащенных никелем, что однозначно свидетельствует о привносе металла со стороны.

Конечно некоторое увеличение количества никеля можно объяснить его меньшей подвижностью в элювиальном процессе по сравнению с некоторыми петрогенными элементами, например с магнием. Этот «относительный» рост концентрации никеля в элювии может привести к полуторному, в крайнем случае двух кратному увеличению содержания никеля, но не больше [6]. Доноров надо искать в другом месте.

Еще в 1932 г. Д.Г. Ульянов, описывая гидротермальный процесс отложений сульфидных руд на Халиловском месторождении, отмечал: «конечная стадия гидротермального процесса характеризуется выпадением более высокотемпературных кварца и опала..., к возникающим при последнем процессе прожилкам модификаций кремнезема местами приурочен в больших коли-

чествах никелевый силикатный минерал. Последний кристаллизовался позднее сульфида никеля, и его образование возможно объясняется исчезновением в составе растворов серы (вся была связана в первой стадии с никелем)».

Наиболее определенно о вероятном гидротермальном происхождении никелевых месторождений, относимых к группе линейно-трещинных, линейно-карстовых, неоднократно высказывалась В.Н. Разумова. О «возможно гидротермальном генезисе гипергенных силикатных никелевых руд в зонах глубокого выполнения кварцевых полостей» писал в свое время А.С. Вершинин [1]. В развитие идей А.С. Вершинина нами были проведены исследования на Черемшанском месторождении.

Месторождение входит в состав Уфалейской группы, которое располагается в зоне меланжа Главного уральского надвига. В свою очередь серпентинитовый меланж формировался в результате позднепалеозойских тектонических движений, сопровождавшихся протрудированием значительных масс ультрабазитов из мантии. Рудные тела данного месторождения характеризуются штокерковым строением, неправильно

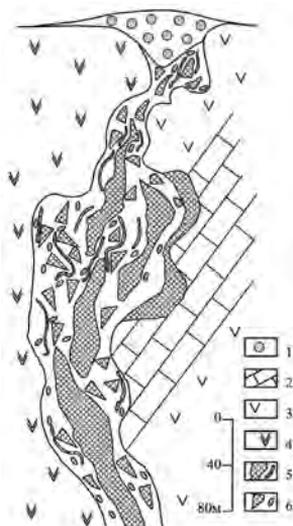


Рис. 2. Черемшанская залежь Уфалейского месторождения: 1 – нерудные кремнистые охры; 2 – известняки; 3 – серпентиниты; 4 – серпентиниты гидратированные, иногда рудоносные; 5 – руды никелевых силикатов и кварца, иногда ожелезненные желваковые и линзовидные (Ni 3–5%, иногда до 10–15%); 6 – серпентинитовый приразломный меланж с гидросиликатами никеля (Ni 0,9–2%)

изометричной формы выходов на поверхность и, как правило, приурочены к возвышенным участкам современного рельефа.

Наиболее полный размер рудного штокверка вскрыт карьером Чусовской залежи (рис. 2). На том же рисунке отражено использовавшееся при разведке и эксплуатации представление о залежи, как о комплексе отдельных рудных тел, сформированных в карстовой депрессии на границе серпентинитов и мраморов.

В процессе отработки Чусовской залежи была установлена несостоятельность линейно-карстовой модели. Рудная залежь оказалась ветвящимся штоком, приуроченным к меланжу крутого надвига. Шток сложен тектонической брекчией, в составе которой преобладают обломки окремненных мраморов, пронизанных гидросиликатами никеля, а также сланцы, серпентиниты, погруженные в глинистый существенно хлорит-тальк-нонтронитовый, часто ожелезненный, либо окремненный цемент. Местами обломки серпентинита и мрамора замещены оксидно-силикатной породой зеленовато-белого цвета, содержащей до 10–18% никеля. Эти породы обычно слагают субвертикальные жилоподобные прерывистые тела, а в случае преобладания в разрезе мраморов — заполняют гидротермокарстовые каверны.

Н.И. Воронцова в своей работе пришла к выводу о «низкотемпературном гидротермальном процессе образования метасоматитов» Уфалейского месторождения. Геохимические данные, демонстрирующие значительный привнос в гипергенные метасоматиты Уфалейского месторождения ряда халькофильных элементов, говорят о том, что этот привнос осуществлялся гидротермальными растворами [9].

Анализ фондовой и опубликованной литературы, а также результаты полевых работ проведенных на Южном Урале, позволяют уверенно утверждать, что одним из основных доноров никеля при формировании гипергенных месторождений типа термального гипергенеза являлись гидротермальные растворы. Никель, перейдя в газово-водный, слабо-кислый горячий раствор на глубинах в сотни метров, а может быть в первые километры, транзитом достигает верхних горизонтов сферы гипергенеза. Понижение температуры раствора, выщелачивание его, обусловленное бурным выделением углекислоты (вскипанием растворов) приводит к массовому выпадению никеля в составе минералов. Именно элювий является наиболее благоприятной средой сорбции никеля в глинистых минералах группы монтмориллонита, а также талька, хлорита и серпентина.

Поэтому наиболее крупные рудные тела оказываются приуроченными к выходам глубинных никельсодержащих источников, перекрытых элювием смектитового состава. Размеры и мощность этих рудных тел различны, но в составе их всегда будут преобладать гидроксиды Fe, содержащие Co и Ni.

В заключение следует отметить, что, выдвигая в качестве одного из доноров гипергенных месторождений никеля термальные растворы, поступающие в сферу гипергенеза по глубинным разломам, секущие ультраосновные протрузии, ни в коем случае нельзя приуменьшать роль экзогенных элювиальных процессов. Долгое время существовавшие казалось бы непримиримые противоречия в вопросах генезиса оксидно-силикатных руд никеля, сегодня находят свои объяснения. Принятие предлагаемой нами концепции образования богатых никеленосных кор выветривания полихронного и полифациального генезиса, позволяет существенно конкретизировать прогнозно-поисковые критерии и сузить фронт их поисков.

Более того, нельзя исключать, что, при детальном исследовании строения латеритных месторождений современного тропического пояса на глубину, там будут встречены рудные залежи богатых гипергенных руд силикатного никеля, соответствующих развитому в России типу термального гипергенеза. Определенным доказательством этому может стать опубликованный А.С. Вершининым разрез отработанного в Новой Гвинее так называемого «жильного» месторождения Боа-Кфин [1], рис. 3.

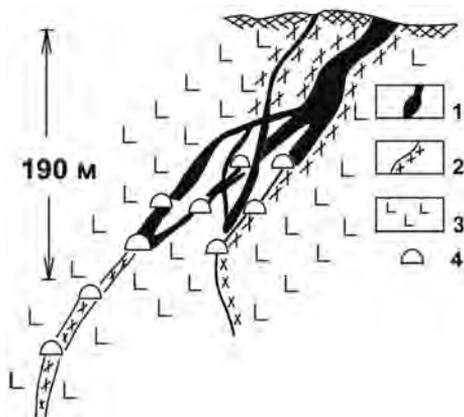


Рис. 3. Разрез отработанного месторождения Боа-Кфин, Новая Гвинея (по Е.Гласе, Вершинину и др., 1988): 1 — рудные тела; 2 — серпентиниты окремненные; 3 — серпентиниты свежие; 4 — эксплуатационные горизонты

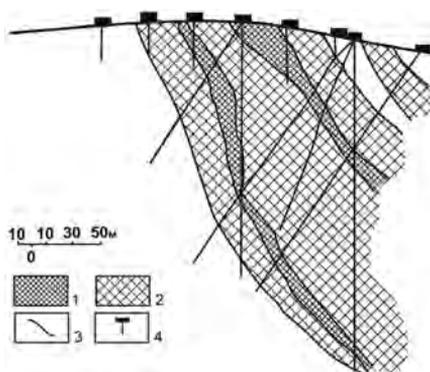


Рис. 4. Аккермановское месторождение, структурно-геологический разрез. Разведочная линия № 9, II участок, аз. 900 (Ульянов и др., 1937): 1 – зона ожелезнения и окварцевания; 2 – интенсивно гидратированные-нонтронитизированные, керолитизированные с кварцем и тектонические брекчии, никеленосные; 3 – нарушения; 4 – скважины

Разрез как по строению, так и по составу руд аналогичен разрезам Аккермановского месторождения (рис. 4).

Таким образом, разрабатываемая нами концепция основана на том, что богатые никеленосные коры выветривания возникают за счет наложения друг на друга процессов эндогенного, термального и элювиального происхождения (иначе – сочетания гипергенного и гипогенного факторов), в результате которых формируются полихронные и полигенные образования. Это говорит о том, что поверхностные элювиальные образования могут иметь продолжение на глубину, особенно в зонах разломов, контактов интрузивных тел, широкого развития пород дайкового комплекса и других тектонически ослабленных зонах. Классик термального гипергенеза Б.М. Михайлов считал, что никелевые залежи подобного типа могут быть встречены в районах практически полного отсутствия площадных кор выветривания и при пологом надвиге располагаться под серпентинитами, не несущими следов поверхностного гидролиза. В таком случае, вместо оценки ультраосновных массивов на предмет возможной сохранности на них площадной никеленосной коры выветривания, обычно содержащей бедные и убогие руды (0,6–0,9% никеля, по Уралу в среднем 0,71%, а по Западной Сибири и обрамлению Балтийского щита – в среднем 0,6–0,7%) [2], предлагается основной упор в прогнозных и поисковых исследованиях сделать на прогнозирование и оценку никелевых руд слепого залегания, типа известных в Серов-

ском, Буруктальском, Уфалейском и Халиловском никелеворудных районах Урала. Такого же мнения придерживался ряд отечественных геологов, в том числе А.С. Вершинин, Б.М. Михайлов и другие, которые считали, что новые никелевые месторождения могут быть обнаружены в границах «закрытых площадей» под покровом платформенного чехла и в долинах рек [6]. Наиболее перспективными они считали при этом краевые части Зауральского пенеплена, а также восточные склоны Северного Урала [6]. Всесторонний анализ геологических данных показывает, что такие месторождения могут быть встречены на слабо изученных участках перекрытия серпентинитового меланжа глубинных разломов платформенным чехлом, в частности, в зонах разломов, обрамляющих Тагило-Магнитогорский прогиб и Восточно-Уральское поднятие.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вершинин А. С.* Геология, поиски и разведка гипергенных месторождений никеля. — М.: Недра, 1993. — С. 134.
2. *Михайлов Б. М.* Прогнозная оценка зон гипергенеза на твердые полезные ископаемые при геологической съемке масштаба 1:50 000, 1:200 000. — СПб.: ВСЕГЕИ, 1998. — 75 с.
3. *Михайлов Б. М.* Рудоносные коры выветривания. Принципы и методы оценки рудоносности геологических формаций. — Л.: Недра, 1986. — 238 с.
4. *Гинзбург И. И., Савельев И. И.* Предварительный отчет о полевой работе группы «Коры выветривания». — СПб: Институт геологических наук Академии наук СССР, 1939.
5. *Павлов Н. В.* Никеленосные коры выветривания Урала. — М.: Наука, 1970. — 284 с.
6. *Михайлов Б. М.* Никелевые руды Урала // Литология и полезные ископаемые — 2000. — № 4. — С. 397–413.
7. *Перельман А. И.* Геохимия эпигенетических процессов (зона гипергенеза). — М.: Недра, 1968. — 371 с.
8. *Смуров А. А.* Вопросы миграции никеля // Советская геология. Т. 9. — 1939. — № 12. — С. 68–73.
9. *Воронцова Н. И.* Петрология, геохимия и платиноносность никелевых руд Уфалейского месторождения, Урал: Дис. ...канд. г.-м. наук. СПб. 1999. — 146 с. **ГИАН**

#### КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Сагдиева Регина Кашифовна*<sup>1</sup> — аспирант, e-mail: sagdieva.r.k@gmail.com,  
*Таловина Ирина Владимировна*<sup>1</sup> — доктор геолого-минералогических наук, профессор, зав. кафедрой, e-mail: i.talovina@gmail.com,  
*Воронцова Наталья Ивановна*<sup>1</sup> — кандидат геолого-минералогических наук, доцент, e-mail: natvoron@yandex.ru,

<sup>1</sup> Национальный минерально-сырьевой университет «Горный».

**MODERN VIEWS ON THE FORMATION  
OF NICKEL WEATHERING CRUSTS  
OF THE ULTRABASIC MASSIFS IN THE URALS**

Presented the concept of formations of rich nickel weathering crusts where was multiplicative imposing at each other of ore concentration of endogenous, thermal and supergene and eluvium genesis (differently – combination of hypogene and supergene factors), as result – polychronous and polygenetic supergene formations Deposits are formed on the an epigenetic branch of regressive range of rock cycle of matter in the Earth crust. It means that surface eluvium formations can have continuation on depth, especially in zones of breaks, contacts of intrusive formations, broad development of rocks of a dyke complex and others tectonic the weakened zones. This concept is formulated by results of the detailed analysis of share materials, and also according to laboratory researches, carried out by colleagues for many years.

Key words: formation of nickel weathering crusts of the ultrabasic massifs in the Urals, thermal hypergenesis.

**AUTHORS**

*Sagdieva R.K.*<sup>1</sup>, Graduate Student, e-mail: sagdieva.r.k@gmail.com,

*Talovina I.V.*<sup>1</sup>, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professors, Head of Chair, e-mail: i.talovina@gmail.com,

*Vorontsova N.I.*<sup>1</sup>, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Assistant Professor, e-mail: natvoron@yandex.ru,

<sup>1</sup> National Mineral Resource University «University of Mines», 199106, Saint-Petersburg, Russia.

**REFERENCES**

1. Verzhinin A. S. *Geologiya, poiski i razvedka gipergennykh mestorozhdeniy nikelya* (Geology, searches and investigation of supergen nickel deposits), Moscow, Nedra, 1993, pp. 134.
2. Mikhaylov B. M. *Prognoznaya otsenka zon gipergeneza na tverdye poleznye iskopaemye pri geologicheskoy s"emke masshtaba 1:50 000, 1:200 000* (Prediction estimate of supergene zones on solid minerals at geological surveying of scales 1:50 000, 1:200 000), Saint-Petersburg, VSEGEI, 1998, 75 p.
3. Mikhaylov B. M. *Rudonosnye kory vyvetrivaniya. Printsipy i metody otsenki rudonosti geologicheskikh formatsiy* (Ore-bearing weathering crusts. Principles and methods of ore-bearing estimate of geological formations), Leningrad, Nedra, 1986, 238 p.
4. Ginzburg I. I., Savel'ev I. I. *Predvaritel'nyy otchet o polevoy rabote gruppy «Kory vyvetrivaniya»* (Preliminary report about of field work of group «Weathering crusts»), Saint-Petersburg, Institut geologicheskikh nauk Akademii nauk SSSR, 1939.
5. Pavlov N. V. *Nikelenosnye kory vyvetrivaniya Urala* (Nickel weathering crusts of the Ural), Moscow, Nauka, 1970, 284 p.
6. Mikhaylov B. M. *Litologiya i poleznye iskopaemye*. 2000, no 4, pp. 397–413.
7. Perel'man A. I. *Geokhimiya epigeneticheskikh protsessov (zona gipergeneza)* (Geochemistry of epigenetic processes), Moscow, Nedra, 1968, 371 p.
8. Smurov A. A. *Sovetskaya geologiya*. vol. 9. 1939, no 12, pp. 68–73.
9. Vorontsova N. I. *Petrologiya, geokhimiya i platinonosnost' nikelovykh rud Ufaleyskogo mestorozhdeniya* (Petrology, geochemistry and platina-bearing of nickel ores of the Ufalei deposit), Ural, Candidate's thesis, Saint-Petersburg, 1999, 146 p.