



## РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ

Л. И. Худякова\*, О. В. Войлошников\*, С. С. Тимофеева\*\*

На севере Республики Бурятия находится Северо-Байкальская медно-никелевая провинция, включающая пять массивов. В их состав входят магний-силикатные породы, запасы которых составляют миллиарды тонн. При разработке месторождений они будут перемещаться в отвалы. На примере Йоко-Довыренского массива показана возможность использования данных видов пород. Установлено качество песка и щебня в них; доказано, что они могут быть использованы при строительных работах. Это позволит снизить нагрузку на окружающую среду за счет создания экологически чистого горнодобывающего предприятия.

**Ключевые слова:** медно-никелевая провинция, магний-силикатные породы, дунитовый песок.

## THE RATIONAL USING OF THE REPUBLIC OF BURYATIA'S NATURAL RESOURCES

L. I. Khudyakova, O. V. Voiloshnikov, S. S. Timofeeva

The North-Baikal copper-nickel province, comprising five massifs, is situated in the north of the Republic of Buryatia. The massifs are composed of magnesium-silicate rocks, which reserves amount to billions of tons. During the process of mining these rocks will be shifted to dumps. The possibility of using of these rock types is shown by the example of the Yoko-Dovyren massif. The quality of sand and rock detritus from magnesium-silicate rocks was defined; it has been proved that these rocks can be used in construction works. Such situation will enable reducing of the environmental load through the establishment of clean mining enterprises.

**Keywords:** copper-nickel province, magnesium-silicate rocks, dunite sand.

Рациональное использование природных ресурсов является одной из важнейших составляющих системы недропользования, т. е. максимально полного извлечения из природного ресурса всех полезных продуктов с наименьшим нарушением ресурсного потенциала и состояния окружающей среды, иными словами, комплексное использование сырья.

В соответствии с современными требованиями природоохранного законодательства при проектировании горных предприятий необходимо использовать наилучшие экологобезопасные доступные технологии, в том числе и в части использования и утилизации вскрышных и отвальных пород с целью предупреждения образования накопленного экологического ущерба. С 01.01.2011 в России введен в действие ГОСТ Р 54003-2010 «Экологический менеджмент. Оценка прошлого, накопленного в местах дислокации организаций, экологического ущерба. Общие положения» [10]. По мнению разработчиков стандарта, проблема обнаружения и устранения накопленного в прошлом экологического ущерба (ПЭУ) стоит на повестке дня в России и за рубежом уже длительное время, а загрязненные в прошлом территории стали фактором сдерживания экономического роста, причиной снижения экологических рейтингов территорий и, как следствие, барьером для иностранных инвестиций. Согласно указанному ГОСТ «Экологический ущерб (вред): негативные последствия, вызванные загрязнением окружа-

ющей среды, утратой и истощением природных ресурсов, истощением экосистем, создающие реальную угрозу для здоровья человека, растительного и животного мира, а также для материальных ценностей. Такими последствиями являются ухудшение здоровья и преждевременная смерть человека, исчезновение растений и животных, потеря естественных экосистем, снижение продуктивности сельхозугодий и стоимости недвижимости, гибели рыб в водоемах и др.».

Объекты оценки ПЭУ – прежде всего нарушения земель, производимые при горных работах, добыче полезных ископаемых и торфа, при геолого-разведочных и изыскательских работах связанные с деформацией поверхности, изменением почвенного покрова, загрязнением отвалами и хвостохранилищами, шахтными, рудничными и карьерными водами. Кроме того, складирование, захоронение промышленных и бытовых отходов, другие виды загрязнения участков поверхности земли и ее недр.

Среди всех отходов 70–80 % – отходы горнодобывающей промышленности. Для каждого региона этот показатель зависит от количества месторождений полезных ископаемых на его территории.

Республика Бурятия выделяется среди других регионов Сибирского федерального округа разнообразием природных ресурсов, среди которых наибольшую ценность для народного хозяйства представляют минеральные и лесные.

По данным министерства природных ресурсов Республики Бурятия на территории респуб-

\* БИП СО РАН (Улан-Удэ); \*\*ИГТУ (Иркутск)



блики выявлено более 700 различных месторождений полезных ископаемых, из них более 600 учтены государственным балансом России и территориальным балансом Республики Бурятия [8]. Только месторождений золота – 247; кроме того, в перечень стратегических видов минерального сырья входят 7 месторождений вольфрама, 13 – урана, 4 – полиметаллов, по 2 – молибдена и бериллия, одно – олова, несколько – медно-никелевого и алюминиевого сырья.

На территории Республики Бурятия (2 % от площади РФ) в недрах сосредоточено 90 % нефрита, 48 % цинка, 32 % молибдена, 24 % свинца, 20 % вольфрама от балансовых запасов Российской Федерации [8].

В настоящее время здесь ведется активная добыча золота, угля, урана, плавикового шпата, нефрита, цементного сырья. Планируется разработка крупных и средних месторождений полиметаллических руд, вольфрама, молибдена, урана, бериллия [8]. Особый интерес вызывают месторождения медно-никелевых руд, в частности Чайское, лицензию на разработку которого в феврале 2008 г. приобрело ОАО «Бурятзолото» [7].

В связи со спросом на никель и медь перспективно освоение Северо-Байкальской медно-никелевой провинции, расположенной в юго-восточной части складчатого обрамления Сибирской платформы. В ее состав, кроме Чайского, входят Гасан-Дякитский, Маринкинский, Йоко-Довыренский и Авкитский массивы. В Чайском массиве прогнозные ресурсы Ni составляют 800 тыс. т, Cu – 270, Co – 33; в Йоко-Довыренском массиве – 147, 51 и 9,47 тыс. т соответственно. Содержание Ni в Маринкинском массиве достигает 0,35 мас. %, в Авкитском – 0,54 мас. %, Cu – 0,2 и 0,135 мас. %, Co – 0,09 и 0,032 мас. % соответственно [5]. Особенностью данных месторождений является то, что в их состав входят магнийсиликатные горные породы с запасами миллиарды тонн. При разработке месторождений они будут перемещаться в отвалы, нанося вред окружающей среде.

Остановимся подробнее на месторождениях Северо-Байкальской провинции с точки зрения залегания магнийсиликатных пород.

*Чайский габбро-перидотит-дунитовый плутон* расположен на северо-западном склоне Верхнеангарского хребта в 90 км северо-восточнее северной оконечности оз. Байкал. Он вытянут в северо-восточном направлении и имеет форму линзы, у которой северо-восточный фланг значительно шире юго-западного. Общая длина плутона достигает 18 км, наибольшая ширина – 3,5 км; общая площадь выходов плутона около 40 км<sup>2</sup>. Центральную часть Чайского дунит-перидотит-габброноритового массива составляют серпентинизированные дуниты, по периферии – плагиоперидотиты. На востоке оливиновые габбронориты и троктолиты переслаиваются с перидотитами. Дуниты в нем образуют линзовидный блок длиной

1600 м и шириной 400 м, который вытянут в восточно-северо-восточном направлении и залегает среди перидотитов. Вблизи главного тела дунитов располагается несколько крупных ксенолитов этих пород, включенных в перидотиты. Внешне дуниты плутона черные, реже буровато-черные среднезернистые, местами крупно- или мелкозернистые породы массивной текстуры. Дуниты частично серпентинизированы. При полной серпентинизации они превращаются в аподунитовые серпентиниты. Последние приурочены к зонам разломов, в которых серпентинизация протекала наиболее интенсивно [5, 6].

*Гасан-Дякитский ультрамафит-мафитовый массив* во многом напоминает Чайский, расположен юго-западнее, приблизительно в 40 км к северо-востоку от оз. Байкал. Он образует тело линзовидной формы площадью около 27 км<sup>2</sup>, вытянутое в северо-восточном направлении. Ультраосновные породы в виде дунитов, перидотитов, пироксенитов слагают ряд мелких линзовидных или неправильной формы тел. Троктолиты и оливиновые габбро отмечаются совместно с ультрамафитами. Основную часть массива составляют оливиновые и безоливиновые габбронориты, на их контакте с ультраосновными породами отмечаются реакционные пироксениты [2, 5, 9].

*Маринкинский дунит-троктолит-габбро-вый массив* расположен в бассейне руч. Маринкинский, впадающего в р. Тулдуень (левый приток р. Витим) в западном складчатом обрамлении Муйской глыбы, и имеет концентрически-зональное внутреннее строение. Площадь интрузива около 11 км<sup>2</sup>. Его центральную часть слагают дуниты и плагиодуниты, образующие вытянутое эллипсовидное тело площадью около 2 км<sup>2</sup>. В северо-восточной части наблюдается чередование троктолитов, плагиодунитов, перидотитов, переходящих в более однородные оливиновые габбро и оливиновые габбронориты. На контакте дунитового ядра с вмещающими троктолитами развиты грубопорфировидные такситовые породы, варьирующие по составу от плагиодунитов до мелано- и мезотроктолитов. Остальная часть массива сложена преимущественно равномерно-зернистыми лейкотроктолитами. К мафитовой группе пород относятся также габбро, габбронориты и оливиновые нориты. В троктолитах имеются дайки субультрамафитового и ультрамафитового состава. Они секутся мелкозернистыми дайками и жилами габбро, габброноритов, анортозитов, пироксенитов и диабазов [1, 3, 5].

*Йоко-Довыренский дунит-троктолит-габбровый массив* (Байкальское месторождение) находится примерно в 60 км к северу от оз. Байкал. В плане представляет собой линзовидное тело размером 26×3,5 км, залегающее субсогласно со структурой вмещающих карбонатно-терригенных отложений. Краевая зона плагиоперидотитов и отходящие от нее силлы представлены главным об-



разом плагиолеццолитами мощностью 160–270 м. Выше в составе массива выделяются следующие зоны: ультрамафитовая, сложенная дунитами и включающая в нижней части слой плагиоклаз-содержащих дунитов, а в верхней – слой верлитов с обособлениями диопсидитов и хромититов; ритмичного чередования плагиодунитов и троктолитов, троктолитов и оливиновых габбро, массивных оливиновых габбро, оливиновых габброноритов. Безоливиновые габбронориты слагают тела дополнительного внедрения в подошву и кровлю массива [4, 5].

*Авкитский гипербазитовый массив* расположен на юго-западном фланге Холоднинского свинцово-цинкового месторождения на водоразделе рр. Холодная и Тыя. Это удлиненно-линзовидное тело длиной 1400 м и максимальной шириной 400 м. Ультраосновные породы в массиве метаморфизированы до антигоритовых и лизардит-антигоритовых серпентинитов, актинолит-хлоритовых, серпентин-тремолит-карбонатных пород. Дуниты и перидотиты отмечаются реже [5].

Кроме перечисленных месторождений, к северо-востоку от Авкитского массива в зоне Чуя-Холоднинского разлома известны тела интенсивно серпентинизированных ультраосновных пород: Верхнехолоднинский линзовидный ультрамафитовый массив в верховьях р. Холодная и линзовидные тела ультраосновных пород по правобережью р. Чая на фланге Овгольского полиметаллического проявления у подножья Сыннырского хребта [5].

Таким образом, Северо-Байкальская провинция имеет огромные запасы магнийсиликатных пород, которые практического применения не имеют и при разработке месторождений попадут в отвалы.

С геолого-разведочными работами и добычей всех видов полезных ископаемых связано воздействие на окружающую природную среду, зависящее от степени нарушенности поверхности и недр, загрязнения водного и воздушного бассейнов и т. д. Степень этого воздействия при добыче минерального сырья определяется мощностью добывающего предприятия и применяемой технологией работ.

Вопросы охраны окружающей среды при добыче и переработке полезных ископаемых особенно остро стоят в Республике Бурятия, так как большая ее часть находится в природоохранной зоне оз. Байкал, где любая деятельность строго регламентирована.

В настоящее время основными направлениями разработки природоохранных мероприятий в районе размещения горнодобывающего предприятия являются:

1) комплексное использование сырья и сокращение вредных воздействий отходов добычи и обогащения на компоненты биоты;

2) рекультивация территорий после завершения добычных работ;

3) планирование технологических мероприятий с учетом особенностей геохимической структуры территории и прогнозируемых характеристик выбросов;

4) организация мониторинга за качеством окружающей среды.

Исходя из этого необходимо еще на стадии предпроектных изысканий определить наиболее эффективные способы утилизации вскрышных и вмещающих пород, которые будут образовываться при разработке месторождений полезных ископаемых, в частности Северо-Байкальской медно-никелевой провинции.

Одним из перспективных способов утилизации вскрышных магнийсиликатных пород является их использование в качестве строительных материалов.

Как известно, разработка любого месторождения требует прокладки дорог, строительства объектов инфраструктуры. Для этого необходимы строительные материалы. Когда горные компании находятся на значительном расстоянии от соответствующих предприятий и от источников сырья, руководству требуются большие финансовые затраты для их закупки. Решить данную проблему возможно за счет местного сырья, в частности отходов собственного производства.

Рассмотрим решение данной проблемы на примере Йоко-Довыренского дунит-троктолит-габбрового массива, находящегося на севере Республики Бурятия. Актуальность использования магнийсиликатных пород данного массива в производстве строительных материалов обусловлена освоением Холоднинского свинцово-цинкового месторождения, находящегося в 8–12 км. Лицензия на его разработку выдана структуре ИФК «Метрополь».

Дунитовая зона массива выходит на поверхность на северо-западном склоне гольца Довырен. Достаточно мощная (более 100 м) и однородная часть зоны прослеживается от руч. Рыбачий на юго-западе до руч. Белый на северо-востоке на расстояние около 13 км. Мощность до 870 м отмечена в центральной части массива (руч. Центральный и Большой), но в верхней трети зоны встречаются ксенолиты скарнов, вокруг которых развиты перидотиты и пироксениты, серпентинизация и карбонатные прожилки. Судя по результатам бурения, зона уходит почти вертикально на глубину 600–700 м. Запасы свежих дунитов можно оценить во многие миллиарды тонн [3, 4].

Дунитовая зона отделяется от плагиодунитовой чередованием 1–2-метровых прослоев плагиодунитов, верлитов и дунитов мощностью около 50 м. Анхимономинеральные дуниты характерны в большей мере для нижней и средней частей дунитовой зоны, а в верхней, насыщенной апокар-



бонатными ксенолитами, широко распространены верлиты, жилы и гнезда диопсидитов [3, 4].

Большие перспективы имеет использование коры выветривания дунитов. Нижние две трети дунитовой зоны геоморфологически выражены долиной, пересекающейся ручьями, большая часть которой покрыта интенсивно дезинтегрированными породами, рыхлой корой механического выветривания с хорошо сохранившейся структурой исходных дунитов, по химическому составу практически не отличающейся от современных. Мощность коры выветривания обычно не больше 10 м, повышена до 30–50 м только в местах развития небольших разрывных нарушений, ориентированных главным образом в северо-восточном направлении. Ширина таких участков достигает 15–20 м [3, 4].

Кора выветривания состоит преимущественно из дресвы разнообразного размера, при этом приповерхностная часть состоит преимущественно из кристаллов и обломков кристаллов оливина, поскольку остальные минералы более подвержены выветриванию. Таким образом, происходит природное обогащение дунитов. Запасы дунитового песка оцениваются в миллионы тонн [3, 4].

Обычно сырьевые строительные материалы производятся на мелких предприятиях, эксплуатирующих небольшие месторождения. Намного перспективнее и экономически выгоднее использовать породы, находящиеся в отвалах, потому

что при этом исключается проведение буровзрывных работ и первичное дробление горной массы.

В частности, магнийсиликатные породы из отвалов после крупного дробления можно сразу подавать на грохочение и разделение по классам крупности (0–5, 5–20, 20–40, 40–70 мм). Породы крупнее 70 мм должны поступать на среднее дробление, а затем назад на грохочение. Щебень нужной фракции можно использовать для получения строительных материалов или проведения строительных работ [11].

Были проведены испытания щебня и песка магнийсиликатных горных пород в отвалах с целью их пригодности для использования в строительстве. Испытания щебня осуществлены по ГОСТ 8269.0-97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний» и ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия»; испытание песка – по ГОСТ 8735-88 «Песок для строительных работ. Методы испытаний» и ГОСТ 8736-93 «Песок для строительных работ. Технические условия». Результаты представлены в табл. 1–3.

Данные таблиц показывают, что магнийсиликатные породы твердые, не содержат зерен слабых пород, пластинчатой и игловатой формы, имеют высокую марку по дробимости и высокий

Таблица 1

Физико-механические показатели щебня из магнийсиликатных пород Йоко-Довыренского массива

Показатель	Дунит	Верлит	Требования ГОСТ 8736-93
Объемный насыпной вес щебня, кг/м <sup>3</sup>	1745	1739	–
Содержание илистых, глинистых, пылевидных частиц, %	1,0	1,0	Не более 1
Содержание глины в комках, %	–	–	Не более 0,25
Марка щебня по дробимости	М 1200	М 1200	М 1000
по истираемости	И 2	И 2	И 2
Морозостойкость	F 200	F 200	F 200
Влажность щебня, %	0,5	0,5	–
Истинная плотность (удельный вес), г/см <sup>3</sup>	3,0	3,01	–
Содержание зерен, %			
пластинчатой (лещадной) и игловатой формы	–	–	Не более 25
слабых пород	–	–	Не более 5
Граница текучести	Не имеет	Не имеет	–
раскатывания	«	«	–
Число пластичности	–	–	–

Таблица 2

Физико-механические показатели дунитового песка Йоко-Довыренского массива

Показатели	Фактическое значение	Требования ГОСТ 8736-93
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	1900	–
Содержание, %		
пылевидных и глинистых частиц	5,0	Не более 3
глины в комках	Нет	Не более 0,5%
Истинная плотность песка	3,0 г/см <sup>3</sup>	–
Граница текучести	Не имеет	–
раскатывания	«	–
Число пластичности	–	–



Таблица 3

Зерновой состав дунитового песка Йоко-Довыренского массива

Размер сит, мм	Остатки, %		Полные проходы, %	Требования ГОСТ 8736-93
	частные	полные		
2,5	19,0	19,0	81,0	–
1,25	7,5	26,5	73,5	–
0,63	20,3	46,8	53,2	45–65
0,315	27,2	74,0	26,0	–
0,16	20,3	94,3	6,7	Не более 15 %
0,071	4,2	98,5	1,5	–
< 0,071	1,5	100	0	–

удельный вес. Наличие вредных компонентов и примесей не выявлено.

Ситовой анализ дунитового песка показал, что 46,8 % представлено частицами крупнее 0,63 мм. По модулю крупности ( $M_{кр} = 2,72$ ) и полному остатку на сите № 0,63 он относится к группе крупных песков. Содержание в песке пылевидных и глинистых частиц 5 %, что не удовлетворяет требованиям ГОСТ 8736-93, поэтому требуется дополнительное просеивание песка, а содержание органических примесей в песке находится в пределах допустимых значений (ГОСТ 8735-88).

Проведена радиационно-гигиеническая оценка пород. По своим показателям образцы не превышают нормируемых значений СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности» (НРБ-99/2009) и согласно ГОСТ 8267-93 могут использоваться для всех видов строительных работ.

Установлено, что отходы горнодобывающей промышленности в виде магнийсиликатных пород Йоко-Довыренского массива имеют высокое качество, соответствуют требованиям ГОСТ и могут использоваться для проведения строительных работ. В результате проведенных исследований по получению цементов и бетонов с использованием данных пород показано, что материалы имеют высокое качество [3, 12].

Предлагаемые технологии можно распространить и на другие месторождения, вскрышные и отвальные породы которых представлены преимущественно магний-силикатными породами, в том числе и для ликвидации накопленного экологического ущерба. Это обусловлено тем, что в интрузивных комплексах различных провинций дуниты, формирующие их центральные «ядра», имеют общие признаки вещественного состава, структурного рисунка пород и даже оруденения. Как правило, это мономинеральные породы с аллотриоморфнозернистой структурой и петельчатой серпентинизацией. Для них характерен парагенезис высокомагнезиального оливина с акцессорной хромшпинелью [1].

Таким образом, при разработке месторождений медно-никелевых провинций образуется большой объем вскрышных и вмещающих пород в виде магнийсиликатных горных пород. Они обладают высоким качеством и могут использоваться в производстве строительных материалов, что

подтверждено результатами исследований. Их применение позволит снизить нагрузку на окружающую среду за счет создания экологически чистого горнодобывающего предприятия. Это также позволит частично ликвидировать накопленный экологический ущерб в районах разрабатываемых месторождений.

*Работа выполняется по программе ОХНМ РАН № 5.5.2 «Получение новых видов материалов с высокими эксплуатационными характеристиками из отходов горнодобывающей промышленности».*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Васильев, Ю. В.** Дуниты и оливиниты зональных интрузивных комплексов стабильных зон земли (проблемы петрогенезиса) [Текст] / Ю. В. Васильев // XI Всерос. петрогр. совещ. с участием зарубежных ученых «Магматизм и метаморфизм в истории земли». Т. 1. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2010. – С. 102–103.
- Грудинин, М. И.** Базит-гипербазитовый магматизм Байкальской горной области [Текст] / М. И. Грудинин. – Новосибирск: Наука, 1979. – 156 с.
- Кислов, Е. В.** Дуниты Йоко-Довыренского массива и возможности их использования [Текст] / Е. В. Кислов, Л. И. Худякова, О. В. Войлошников // Минеральное сырье Урала и его использование. – 2009. – № 6 (25). – С. 17–23.
- Кислов, Е. В.** Йоко-Довыренский расслоенный массив [Текст] / Е. В. Кислов. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ, 1998. – 265 с.
- Кислов, Е. В.** Никеленосные ультрамафит-мафитовые интрузивы в рифтовых и островодужных структурах (Северобайкальская провинция) [Текст] / Е. В. Кислов // XI Всерос. петрогр. совещ. с участием зарубежных ученых «Магматизм и метаморфизм в истории земли». – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2010. – С. 301–302.
- Леснов, Ф. П.** Геология и петрология Чайского габбро-перидотит-дунитового никеленосного плутона (Северное Прибайкалье) [Текст] / Ф. П. Леснов. – Новосибирск: Наука, 1972. – 228 с.
- Минерально-сырьевой** комплекс Бурятии / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://infobaikal.ru/public/buryatia-baikal/about/13511.php>.



8. **Минерально-сырьевые** ресурсы Республики Бурятия // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.minpriroda-rb.ru/activity/index.php>.

9. **Протерозойские** ультрабазит-базитовые формации Байкало-Становой области [Текст] / П. А. Балыкин, Г. В. Поляков, В. И. Богнибов, Т. Е. Петрова. – Новосибирск : Наука, 1986. – 200 с.

10. **Тимофеева, С. С.** Накопленный экологический ущерб Байкальского региона [Текст] / С. С. Тимофеева // Вест. ИрГТУ. – 2012. – № 6 (65). – С. 53–59.

11. **Худякова, Л. И.** Комплексное освоение минеральных ресурсов на месторождениях Северо-Байкальской рудной зоны [Текст] /

Л. И. Худякова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – № 7. – С. 112–114.

12. **Худякова, Л. И.** Пути повышения рационального природопользования на примере Северо-Байкальского рудного района [Текст] / Л. И. Худякова, О. В. Войлошников, Е. В. Кислов // Журн. Сибирского федерального университета. Сер. Техника и технологии. – 2011. – № 2. – С. 155–161.

13. **Цыганков, А. А.** Магматическая эволюция Байкало-Муйского вулканоплутонического пояса в позднем докембрии [Текст] / А. А. Цыганков. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2005. – 306 с.

© Л. И. Худякова, О. В. Войлошников,  
С. С. Тимофеева, 2013