



На правах рукописи

БЕЛОГУРОВА Татьяна Павловна

**ЗАПОЛНИТЕЛИ ИЗ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД
ХИБИНСКИХ АПАТИТОНЕФЕЛИНОВЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ
И БЕТОНЫ НА ИХ ОСНОВЕ**

05.23.05 - Строительные материалы и изделия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Белгород-2005

Работа выполнена в Институте химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В.Тананаева Кольского научного центра Российской Академии наук

Научный руководитель:

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Крашенинников Олег Николаевич

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор Рахимбаев Шарк Матрасулович;

кандидат технических наук,
доцент Пухаренко Юрий Владимирович

Ведущая организация:

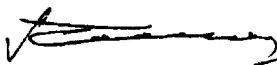
Институт проблем промышленной экологии Севера
Кольского научного центра РАН, г.Апатиты

Защита состоится «24» Февраля 2005 г. в 15⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.014.01 в Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова по адресу:
308012, г.Белгород, ул.Костюкова, 46, БГТУ им. В.Г. Шухова, ауд. 242

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова

Автореферат разослан «21» января 2005 г.

Ученый секретарь
диссертационного Совета
доктор технических наук,
профессор



Г.А.Смоляго

Актуальность темы. Хибинский щелочной массив представляет собой крупнейший в мире комплекс уникальных месторождений апатитонефелиновых руд, которые не имеют аналогов ни по масштабам запасов и качеству сырья, ни по набору и концентрации полезных ископаемых. ОАО «Апатит» является основным производителем апатитового концентрата, обеспечивая более 80% его выработки по России. В 2003 году этим объединением переработано 28.5 млн т апатитонефелиновой руды и выработано 8.79 и 1.06 млн т апатитового и нефелинового концентратов, соответственно. При этом объемы добычи вскрышных (вмещающих) пород составили 22.79 млн м³, т.е. на 1 т вырабатываемых концентратов попутно добывается более 2.3 м³ вскрыши. ОАО «Апатит» на собственные нужды использует около 7% вскрышных пород. Основная их часть складирована в специальные отвалы, оказывая негативное техногенное воздействие на погребенный ландшафт. К настоящему времени в Мурманской области накоплено более 6 млрд т отходов горнодобывающей промышленности, в том числе 560 млн м³ вскрышных пород рудников ОАО «Апатит». Общая площадь земель, занятых для их складирования, составляет около 12 тыс. га. В то же время данные породы могут представлять значительный интерес для промышленности строительных материалов, в которой в последнее время отмечается острый дефицит нерудного сырья.

Стратегия развития строительного комплекса региона до 2015 года предусматривается выпуск строительного щебня в объеме 7.9 млн м³ в год. В настоящее время в области производится не более 3 млн м³ щебня. Одним из реальных путей решения проблемы получения требуемого количества щебня, по нашему мнению, является увеличение его выпуска за счет вскрышных пород рудников ОАО «Апатит», в первую очередь, «Восточный» и «Центральный», которые осуществляют добычу открытым способом.

Одной из основных причин, препятствующей использованию вскрышных пород апатитонефелиновых месторождений в строительстве, является содержание в них значительного количества нефелина (преимущественно в пределах 40-70%), который в соответствии с действующими Российскими стандартами относится к вредным примесям. Поэтому для оценки возможности использования нефелинсодержащего сырья в строительстве в качестве заполнителей бетонов требуется проведение специальных исследований.

Диссертационная работа выполнялась с 1985 г. в рамках тематики НИР ИХТРЭМС КНЦ РАН, в том числе в 2001-2005 гг. по теме 6-2001-2808 «Совершенствование технологии и исследование бетонов на основе техногенного и природного сырья Кольского полуострова», а также включена в региональную целевую научно-техническую Программу Мурманской области на 2004-2005 гг.

Цель и задачи работы. Повышение эффективности производства бетонов на основе нефелинсодержащих заполнителей.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

изучение вещественного состава, строения и свойств вскрышных нефелинсодержащих пород и заполнителей на их основе;

разработка составов тяжелых бетонов на нефелинсодержащих заполнителях и изучение влияния различных способов твердения на структуру и основные физико-механические и деформативные свойства бетонов;

исследование процессов взаимодействия основных породообразующих минералов вскрышных пород с цементом с целью оценки их влияния на качество заполнителей и формирование новообразований в контактной зоне при различных способах твердения бетонов;

оценка коррозионной стойкости бетонов на нефелинсодержащих заполнителях в условиях подземных выработок рудников ОАО «Апатит»;

исследование сохранности арматуры в бетонах на нефелинсодержащих заполнителях;

изучение возможности использования вскрышных пород в дорожном строительстве: для устройства оснований и покрытий автомобильных дорог, получения асфальтобетонных и цементно-бетонных смесей.

Научная новизна. Установлен характер взаимодействия нефелина с продуктами твердения клинкерных минералов. На первом этапе из нефелина выносятся щелочи, в меньшей мере, глинозем; накапливается кремнезем. При достижении критического значения концентрация щелочей, начинается интенсивный вынос кремнезема, содержание кремния становится меньшим, чем алюминия. Когда же соотношение кремния и алюминия в тетраэдрах достигает критического значения, происходит структурная перестройка минерала, возникает цепочечный минерал типа фошагита, в котором практически все атомы Са замещены Na и Al. Второй распространенной фазой-новообразованием является гидрогранат. Расчеты объемных эффектов по типовым химическим реакциям показали, что полученные в ходе реакции новообразованные фазы по объему превосходят нефелин, но всегда меньше суммарного объема нефелина и гидроксида кальция.

Установлено, что в результате взаимодействия нефелина с активными компонентами продуктов гидратации минералов цементного клинкера обеспечивается упрочнение структуры контактной зоны «нефелинсодержащий заполнитель-цементный камень». Выявлен характер влияния минерального состава нефелинсодержащего заполнителя и условий твердения бетона на синтез новообразований и формирование контактной зоны. Установлено, что по степени активности к взаимодействию с цементом минералы нефелинсодержащих пород располагаются в следующей последовательности: нефелин > эгирин > сфен > полевой шпат.

Выявлена кинетика изменения рН-среды при твердении и эксплуатации нефелинсодержащих бетонов и характер влияния на арматуру. Доказано отсутствие коррозии арматуры при различных условиях эксплуатации бетона. Показано, что в системе «нефелинсодержащий заполнитель-цементный камень» при взаимодействии нефелина с продуктами гидратации цементного клинкера, рН жидкой фазы бетонов находится в области значений, превышающих 11,8, что обеспечивает пассивацию стали.

Установлен характер влияния минералогического состава, структуры и текстуры уртита и рисчоррита, условий их дезинтеграции на зерновой состав и свойства щебеночно-песчаных смесей. Показано, что заполнители из уртита и рисчоррита в виде фракционированного щебня или щебеночно-песчаных смесей требуемого зернового состава могут быть использованы для устройства оснований и покрытий (без применения вяжущих) дорог всех технических категорий. Установлено, что щебень из уртита и рисчоррита можно применять для изготовления дорожного монолитного бетона и для производства сборных дорожных плит из бетона с морозостойкостью F200.

Практическое значение работы. Предложено решение важной научно-практической задачи, связанной с утилизацией горнопромышленных отходов ОАО «Апатит» - обоснована целесообразность и доказана возможность использования вскрышных скальных пород в ряде областей строительства.

Показано, что заполнители требуемого зернового состава могут применяться для устройства оснований на автомобильных дорогах всех технических категорий и во всех дорожно-климатических зонах, для получения асфальтобетонных смесей, в монолитном дорожном бетоне, тяжелом и декоративном бетоне классов В10-В30.

Разработаны составы тяжелых бетонов на нефелинсодержащих заполнителях классов В10-В30 с заданной морозостойкостью F200 для сборного и монолитного железобетона.

Даны практические рекомендации по применению бетонов на основе вскрышных пород для крепления подземных выработок ОАО «Апатит».

Составлены методические указания по использованию нефелинсодержащих пород в качестве заполнителей (крупных и мелких) при производстве асфальтобетонов и цементных бетонов для дорожного строительства.

Совместно с ведущими отраслевыми НИИ (НИИЖБ, СоюздорНИИ) разработаны соответствующие ТУ, предусматривающие использование нефелинсодержащих пород для промышленного, гражданского и дорожного строительства.

Внедрение результатов исследований. Результаты работы внедрены при строительстве более 100 км автомобильных дорог в Нечерноземной зоне Российской Федерации.

Для широкомасштабного внедрения результатов научно-исследовательской работы разработаны следующие нормативные документы:

-ТУ 113-12-1-12-88 «Порода скальная дробленая рудника «Восточный» ОАО «Апатит», в соответствии с которыми потребителям отгружено около 220 тыс. м³ дробленой породы (уртитов) из вскрышных пород Восточного рудника;

-ТУ 113-00-77-15-89 «Смеси щебеночно-песчаные из породы скальной дробленой рудника «Центральный» ОАО «Апатит», предназначенные для устройства щебеночных оснований автомобильных дорог, а также покрытий без применения вяжущих материалов на дорогах IV-V категорий;

-ТУ 2025-90 «Смеси асфальтобетонные на основе нефелинсодержащих пород уртит и рисчоррит», которые распространяются на горячие и теплые асфальтобетонные смеси, полученные на основе заполнителей из нефелинсодержащих пород, предназначенные для устройства верхних и нижних слоев покрытий на дорогах I-IV категорий;

-ТУ 66.023-90 «Смеси бетонные и бетон на основе продуктов дробления вскрышных нефелинсодержащих пород уррита и рисчоррита ОАО «Апатит» для дорожного строительства», предназначенные для монолитных и сборных покрытий и оснований автомобильных дорог всех категорий;

-ТУ 66.024-90 «Бетон тяжелый на основе заполнителей из уррита и рисчоррита для промышленного и гражданского строительства». Данные ТУ распространяются на бетоны для монолитных и сборных бетонных и железобетонных деталей, изделий и конструкций, эксплуатирующихся в неагрессивных газо-воздушных средах.

Апробация работы. Основное содержание работы докладывалось на следующих научных конференциях и совещаниях: VII Межреспубл. конф. «Развитие технологии и повышение качества строительных материалов в разработках молодых ученых и специалистов». - Киев, 1988; Всесоюз. науч. конф. «Проблемы охраны окружающей среды Севера». - Мурманск, 1990; Всесоюз. научно-практич. совещ. «Экологические проблемы переработки вторичных ресурсов в строительные материалы и изделия». - Чимкент, 1990; Всесоюз. совещ. «Комплексное освоение минерального ресурсов Севера и Северо-Запада СССР». - Петрозаводск, 1990; Междунар. конф. «Ресурсосберегающие технологии строительных материалов, изделий и конструкций». - Белгород, 1993; Междунар. совещ. «Комплексная разработка рудных месторождений мощными глубокими карьерами (Мельниковские чтения)». - Апатиты, 1993; II Междунар. симпозиуме «Проблемы комплексного использования руд». - СПб, 1996; XVI Менделеевском съезде по общей и прикладной химии. - СПб.-М., 1998; III Всерос. научно-практич. конф. «Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности». - СПб., 1998; Всерос. науч. чтениях с междунар. участием, посвящ. 70-летию со дня рождения чл.-корр. АН СССР М.В. Мохосоева. - Улан-Удэ, 2002; II Междунар. конф. «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр». - Москва, 2003; Междунар. науч.

конф. «Фундаментальные проблемы комплексного использования природного и техногенного сырья Баренцева региона в технологии строительных материалов». - Апатиты, 2003; II Междунар. научно-практич. конф. «Экология: образование, наука, промышленность и здоровье». - Белгород, 2004; Всерос. научно-техн. семинаре «Экологическая безопасность регионов России и риск от техногенных аварий и катастроф». - Пенза, 2004; Междунар. конф. «Экологические проблемы северных регионов и пути их решения». - Апатиты, 2004; I Ферсмановской науч. сессии Кольского отделения РМО, посвящ. 120-летию со дня рожд. А.Е. Ферсмана и А.Н. Лабунцова. - Апатиты, 2004 и др.

Разработка в области использования вскрышных пород апатито-нефелиновых месторождений в строительстве экспонировалась в 2004 г. на Международной выставке «Кольский партнериат» - «Экспо Дом 2004» (г.Мурманск) и IX Международной выставке-конгрессе «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции» (г.Санкт-Петербург), где награждена Дипломами и серебряной медалью.

Публикации. Материалы диссертационной работы опубликованы в 49 научных работах, в том числе в монографии, 16 научных статьях (3 по списку ВАК России) и 32 тезисах докладов.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, основных выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 207 страницах машинописного текста, включающего 29 таблиц, 27 рисунков и фотографий, списка литературы из 296 наименований и 7 приложений.

На защиту выносятся:

- результаты комплексного исследования состава и свойств основных разновидностей вскрышных нефелинсодержащих пород: уртитов и ричорритов и заполнителей на их основе;

- характер взаимодействия нефелина с продуктами твердения клинкерных минералов;

- характер влияния минерального состава нефелинсодержащего заполнителя и условий твердения бетона на синтез новообразований и формирование контактной зоны;

- кинетика изменения рН-среды при твердении и эксплуатации нефелинсодержащих бетонов и характер влияния на арматуру;

- характер влияния минералогического состава, структуры и текстуры уррита и ричоррита, условий их дезинтеграции на зерновой состав и свойства щебеночно-песчаных смесей;

- технологии использования попутнодобываемых пород в дорожном строительстве: для устройства оснований и покрытий автомобильных дорог, получения асфальтобетонных и цементно-бетонных смесей;

- результаты внедрений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Актуальность решения проблемы снижения отрицательного влияния горнопромышленных отходов на окружающую среду не вызывает сомнений. В этой связи исследования многих ученых направлены на повышение полноты и комплексности использования минерального сырья. Эта идея, выдвинутая еще в начале 30-х годов прошлого века академиком А.Е.Ферсманом, получила развитие и практическую реализацию благодаря трудам Л.А.Барского, П.И.Боженова, Б.Н.Ласкорина, Н.В.Мельникова, Г.Д.Краснова, Е.М.Сергеева, И.В.Петрянова-Соколова, В.А.Чантурия и др. Согласно работам П.И. Боженова, промышленности строительных материалов принадлежит ведущая роль в разрешении проблемы комплексного использования минерального сырья, учитывая что строительство и производство строительных материалов являются наиболее материалоемкими отраслями.

Кольский горнопромышленный комплекс является крупнейшим источником промышленных отходов и вторичного загрязнения окружающей среды. Нарушение экологического равновесия особенно опасно в условиях Заполярья, которое отличается экстремальными климатическими условиями и низкой способностью природной среды к самовосстановлению. В настоящее время лишь 3-4% ежегодного объема отходов горноперерабатывающих предприятий региона используется в промышленности. В то же время многие из этих отходов являются ценным сырьем для промышленности, в частности, такой ее материалоемкой отрасли, как строительная. В связи с реформированием экономики и ухудшением экологической ситуации в стране, вопросы комплексного использования сырья и утилизации горнопромышленных отходов ставятся все более остро как в масштабах государства, так и на региональном уровне. Стратегией развития Кольского горнопромышленного комплекса в качестве одной из основных задач определено увеличение объемов использования техногенного сырья, к основному виду которого в Кольском регионе относятся вскрышные породы.

Большой вклад в решение проблемы использования горнопромышленных отходов в стройиндустрии, в частности, для производства строительных материалов, внесли И.Н.Ахвердов, Ю.М.Баженов, П.И.Боженов, А.В.Волженский, Г.И.Горчаков, К.Э.Горайнов, Г.И.Книгина, П.Г.Комохов, В.С.Лесовик, Н.В.Михайлов, О.П.Мчедлов-Петросян, И.А.Рыбьев, А.В.Саталкин, Б.Г.Скрамтаев, В.И. Соломатов, Е.М.Чернышев, А.Е.Шейкин, С.В.Шестоперов и др. Этими исследованиями доказано, что на основе техногенного сырья возможно получение целого ряда строительных материалов: заполнителей, вяжущих, бетонов, керамики, огнеупоров, минеральной ваты и др. Особенно это актуально для Кольского полуострова, где значительное место занимают горные породы Хибинского щелочного массива.

Исследования проводились на наиболее характерных вскрышных скальных породах: уртитах рудника «Восточный» месторождения «Коашва» и рисчорритах рудника «Центральный» месторождения «Расвумчорр».

При исследовании пород, продуктов их дробления и бетонов использовался комплекс методов, применяемых при оценке традиционного сырья, заполнителей и бетонов, включая изучение физико-механических свойств, оценку минерального состава пород, реакционной способности заполнителей по отношению к щелочам цемента, радиоактивности исходных материалов и композитов, а также физико-химические исследования. Специальные исследования пород и бетонов включали определение спектро-фотометрических характеристик, деформационных показателей, пористости, микротвердости, коррозионной стойкости бетона и арматуры в нем и т.д. Исследования структуры бетонов и состава новообразований в контактной зоне цемент-заполнитель проводились с использованием минералог-петрографического, микроскопического, химического, рентгенометрического, дифференциально-термического и электронномикронного методов анализа.

Породообразующими минералами уртитов и рисчорритов являются нефелин, пироксен, полевошпат и сфен. В качестве второстепенных минералов в породах присутствуют апатит, амфибол, биотит, титаномагнетит и акцессории: эвдиалит, лампрофиллит, энigmatит, содалит, пектолит, ринколит. Количественное содержание породообразующих минералов исследуемых пород, подсчитанное в шлифах, полированных образцах и методом фазового полуколичественного минерального анализа тонкомолотых проб ($N_{\text{общ}}=78$), приведено в таблице 1.

Как уртиты, так и рисчорриты характеризуются выдержанностью минерального состава. Основные различия минерального состава уртитов и рисчорритов заключены в содержании нефелина и полевошпата. Данный анализ подтверждает, что в соответствии с диаграммами состава щелочных пород Хибинских апатитнефелиновых месторождений, составленными различными исследователями (Галахов А.В., Каменев Е.А. и др.), пробы относятся к типичным представителям уртитов и рисчорритов.

По физико-механическим свойствам (таблица 2) исследуемые вскрышные породы относятся к плотным ($2.7-2.8 \text{ г/см}^3$), прочным (прочность при сжатии - $160-280 \text{ МПа}$) породам с низкими значениями водопоглощения (менее 0.4%), истираемости (не более 0.15 г/см^2) и маркой по морозостойкости F300. Кроме того, данные породы относятся к классу декоративного камня, особенно измененные (шпреуштейнизированные) разновидности, что представляет интерес для их использования в производстве мозаичных полов, облицовочных изделий и т.д. По данным радиометрических исследований, породы имеют радиоактивность, близкую к нормальному фону. Среднее значение удельной эффективной активности ($A_{\text{эфф}}$) уртитов составляет 164 ± 24 , а рисчорритов - $274 \pm 40 \text{ Бк/кг}$, т.е. по радиационному фактору породы относятся к I классу.

Таблица 1

Минеральный состав пород, мас. %

Минерал	Уртит	Рисчоррит
Нефелин	71.4 - 78.8 (71.6)*	33.9 - 45.5 (43.5)
Полевые шпаты	6.7 - 8.9 (8.4)	25.3 - 41.6 (30.1)
Пироксены	13.8 - 16.5 (14.0)	12.8 - 17.1 (13.5)
Сфен	3.8 - 5.5 (3.9)	4.7 - 7.2 (6.0)
Апатит	0.8 - 1.3 (1.0)	2.1 - 5.2 (3.0)
Титаномагнетит	0.2 - 0.9 (0.5)	0.3 - 1.8 (0.9)
Слюды	0.05 - 0.3 (0.1)	0.6 - 1.5 (0.7)
Прочие	0.05 - 0.9 (0.5)	1.3 - 2.4 (2.3)

Примечание. *В скобках приведены средние значения результатов по 78 анализам, выполненным на шлифах, аншлифах и в дробленых пробах.

Таблица 2

Физико-механические свойства пород

Показатели	Уртит	Рисчоррит
Средняя (объемная) плотность, г/см ³	2.73 - 2.75	2.66 - 2.68
Истинная плотность, г/см ³	2.73 - 2.79	2.69 - 2.75
Пористость, %	0.05 - 1.40	0.10 - 1.25
Водопоглощение, %	0.16 - 0.38	0.26 - 0.35
Предел прочности при сжатии, МПа	160 - 250	180 - 280
Истираемость, г/см ²	0.11 - 0.15	0.08 - 0.10
Сопротивление удару, кол-во ударов, не менее	8	10
Коэффициент размягчения, не менее	0.9	0.8
Морозостойкость, кол-во циклов, не менее	300	300

Исследованием физико-механических свойств щебня из уртитов и рисчорритов (таблица 3) установлено, что щебень из вскрышных пород отвечает основным требованиям ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ», обладая сравнительно высокими физико-механическими показателями: маркой по дробимости не менее 1200; маркой по истираемости И1-И2; маркой по морозостойкости не менее F150; низким содержанием зерен слабых пород (до 2.8%), пылевидных и глинистых частиц (не более 4%); низким водопоглощением - до 2.2%. Испытания также показали устойчивость структуры щебня из вскрышных пород против всех видов распадов. Учитывая высокое содержание в исходных породах нефелина,

относимого стандартом на заполнители к вредным примесям, были проведены исследования реакционной способности заполнителя по отношению к щелочам цемента Установлено, что содержание растворимого кремнезема в пробах нефелинсодержащих пород в среднем составляет 20 ммоль/л, те данным породам не характерна реакционная способность Таким образом, исходя из требований действующих стандартов, заполнители из нефелинсодержащих пород могут быть использованы для строительных работ Мелкий заполнитель соответствующего зернового состава также отвечает требованиям ГОСТ 8736-93 на песок для строительных работ

Таблица 3

Физико-механические свойства щебня из вскрышных пород

Показатель	Щебень из уррита, фракция, мм			Щебень из рисчоррита, фракция, мм		
	5-10	10-20	20-40	5-10	10-20	20-40
Насыпная плотность, кг/м ³	1480	1520	1550	1360	1420	1480
Пустотность, %	50 1	48 6	45 5	50 3	49 9	47 8
Водопоглощение, %	2 2	1 3	0 4	1 9	1 1	0 6
Содержание зерен слабых пород, %	2 8	0 5	0 2	4 0	0 7	0 3
Содержание пластинчатых и игольчатых зерен, %	12 2	10 3	4 6	13 0	7 5	2 8
Содержание пылевидных и глинистых частиц %	0 10	0 18	0 16	0 40	0 30	0 10
Потеря массы после сжатия в цилиндре, % (в знаменателе - марка по дробимости)	<u>15 5</u> 1200	<u>14 7</u> 1200	<u>15 9</u> 1200	<u>14 6</u> 1200	<u>11 6</u> 1400	<u>12 3</u> 1200
Потеря массы после испытания в полочном барабане, % (в знаменателе-марка по истираемости)	<u>25 2</u> III	<u>24 1</u> II	<u>28 7</u> III	<u>19 8</u> II	<u>22 2</u> II	<u>18 3</u> II
Потеря массы после 150 циклов замораживания - оттаивания, %	3 4	2 2	1 5	3 5	3 9	4 5

На основе урритового и рисчорритового щебня были разработаны составы тяжелого бетона (монолитного и сборного, пропаренного и нормального твердения) В качестве мелкого заполнителя использовались отсеивы от

дробления одноименных вскрышных пород и для сравнения природный речной песок. Контрольные составы изготавливались на гранитном щебне и речном песке. Результаты физико-механических испытаний бетонов позволяют утверждать, что разработанные составы бетонов на основе уртитового и рихсчорритового заполнителей обеспечивают получение тяжелого бетона нормального твердения и пропаренного в пределах классов В10-В30. При этом, бетон на нефелинсодержащих заполнителях и отсевах дробления данных пород не уступает по прочностным показателям бетону на традиционном гранитном щебне и речном песке.

Испытаниями деформативных свойств бетонов при кратковременном и длительном воздействии внешних нагрузок установлено, что прирост прочности в возрасте 360 сут. и коэффициент призмочной прочности бетона естественного твердения на основе щебня из нефелинсодержащих пород и кварцевого песка в возрасте 28 сут. выше, чем для тяжелого бетона аналогичного состава на стандартном гранитном щебне. Модуль упругости опытных бетонов выше на 17-30% по сравнению с равнопрочным бетоном для данных классов, а их предельная сжимаемость ниже на 8% принятого для тяжелых бетонов значения. Усадка бетонов на щебне из нефелинсодержащих пород и мера их ползучести в возрасте 280 сут. не выше, чем для стандартного тяжелого бетона такой же прочности. Таким образом, комплексными исследованиями показано, что бетоны на основе щебня из нефелинсодержащих пород по деформативным свойствам не уступают равнопрочным тяжелым бетонам на традиционном заполнителе.

При изучении нового нетрадиционного вида заполнителя для бетонов научный интерес представляет исследование физико-химических процессов структурообразования, происходящих на контакте заполнителя с цементом. Изучение влияния минерального состава заполнителей и условий твердения бетона на формирование контактной зоны «цементный камень-заполнитель» проводилось в шлифах бетонов, твердевших в различных условиях (нормальное твердение, пропарка, выдерживание в горячей воде). Учитывая, что заполнитель (вскрышные породы) не является мономинеральной породой, было рассмотрено взаимодействие с цементом основных породообразующих минералов вскрышных пород - нефелина, эгирина, полевого шпата и сфена. Взаимодействие «заполнитель - цементный камень» характеризовалось следующими условными степенями: механическим сцеплением и химическим взаимодействием (слабое, среднее, сильное: в зависимости от степени «размывания» границы минерал-вяжущее вплоть до полного отсутствия четкой границы контакта и дальнейшего образования адгезионной каймы).

На рисунке 1 приведены количественные показатели (в %) механического сцепления и химического взаимодействия различной степени в контактной

зоне уррита, измеренные непосредственно в шлифах бетонов, твердеющих в различных условиях. Как видно из рисунка, всем главным порообразующим минералам уррита присуще уменьшение доли механического контакта и увеличение химического взаимодействия с цементом, особенно нефелину, при этом степень этого взаимодействия, как правило, усиливается при тепловой обработке и увеличении сроков твердения бетона.

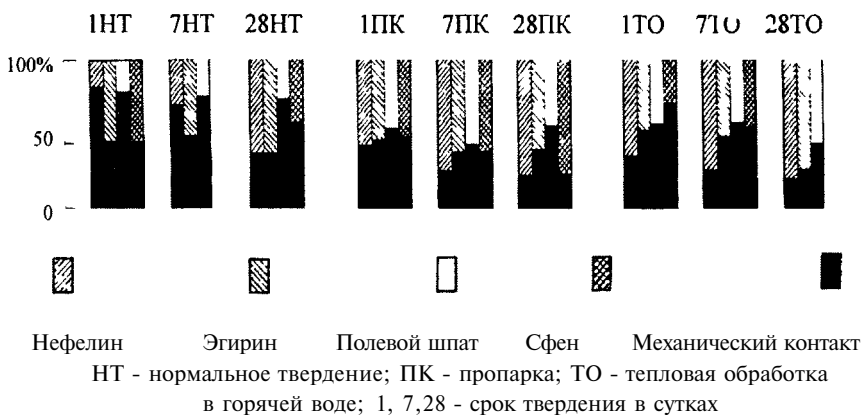


Рис 1 Взаимодействие основных минералов уррита с цементом

Исследования макропористости бетонов показали, что независимо от вида заполнителя и условий тепловой обработки с увеличением сроков твердения происходит уплотнение структуры бетонов: уменьшается количество «технологических» пор (диаметром $X \cdot 1$ мм) в среднем от 1.5% в образцах однодневного возраста до 0.7% к 28-суточному сроку. Изучением структуры контактных слоев «минерал-цементный камень» путем определения микротвердости непосредственно в контактной зоне, а также по мере удаления от линии контакта установлено, что в исследованных образцах бетонов в слоях цементного камня на контакте с нефелином отмечается тенденция к увеличению микротвердости на 20-30% по сравнению с цементным камнем. Изменение микротвердости цементного камня на контакте с полевым шпатом, эгирином и сфеном имеет различный характер, но в целом оно выражено слабее, чем с нефелином.

Исследования сколов образцов зерен нефелина и цемента с помощью растрового электронного микроскопа свидетельствуют о хорошем контакте минералов с затвердевшим цементным камнем. Контактной поверхности исследованных минералов и цемента характерны новообразования гидросиликатов кальция, игольчатых кристаллов этрингита и пластинок

гидроксида кальция. Те же продукты гидратации (гидросиликаты кальция, гидроалюминаты, гидрогранаты и т.д.) наблюдаются и в порах цементного камня (рисунок 2), что также подтверждено рентгенографическими исследованиями.

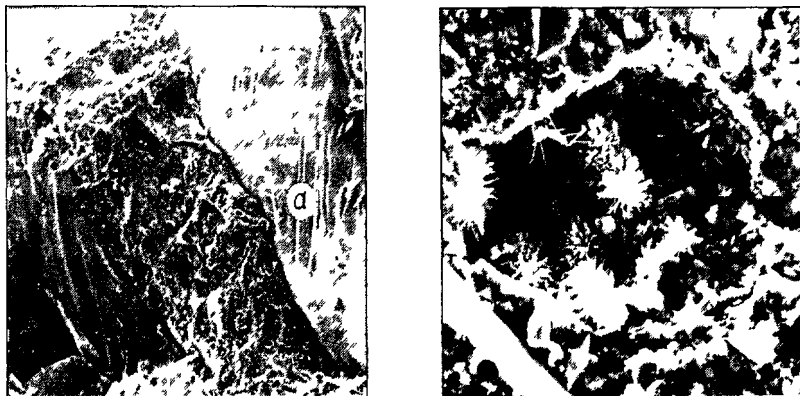


Рис 2 Цементный камень с зернами нефелина (а) и характерные образования в поре цементного камня РЭМ, х 450

Более углубленные исследования по изучению характера взаимодействия цемента с главными породообразующими минералами нефелинсодержащих пород проводились с помощью электронно-зондового микроанализатора «Cameca MS-46». Замеры химического состава минерала проводились в двух точках - в центре зерна и на краю, в зоне контакта с цементом. Цель анализа включений в исследуемых точках - идентификация микрофаз, отчетливо видимых под оптическим микроскопом. Как и было показано предыдущими исследованиями, всем породообразующим минералам на границе с цементным камнем присуще химическое взаимодействие в той или иной степени. Об этом свидетельствует зафиксированное МЗА изменение химического состава минерала в центре зерна и на границе с цементом. Так, в нефелине, в полевом шпате и эгирине наблюдается четкая тенденция к снижению содержания щелочных оксидов на краю зерна по отношению к центру, причем, при автоклавной обработке данный процесс идет интенсивнее. Следовательно, в гидротермальных условиях при взаимодействии с цементом из зерен минералов происходит вынос в цемент оксидов Na_2O и K_2O . Аналогичная картина происходит с гидроксидами Al_2O_3 , но в меньшей степени. В то же время данные МЗА показывают, что на краях минералов возрастает

содержание SiO_2 , привносимое, соответственно, из цемента. Данные количественного анализа также свидетельствуют о том, что из исследуемых минералов нефелин является менее устойчивым по сравнению с полевым шпатом и эгирином.

На рисунке 3 показана многоканальная запись концентрационных кривых распределения двух элементов К и Na по линии нефелин-портландцемент-нефелин, записанных одновременно на микроанализаторе, оснащённом двумя спектрометрами. Интенсивность распределения элементов соответствует данным количественных анализов, выполненных во включениях минералов и в контактной зоне. Растровая фотография контактной зоны нефелин-цементный камень в поглощенных электронах (рисунок 4) отображает неоднородный состав цемента и уплотнённую контактную зону, а также проникновение элементов из нефелина в цементный камень.

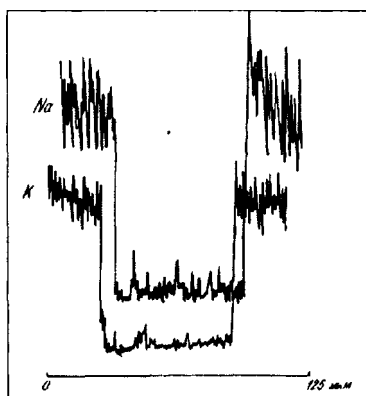


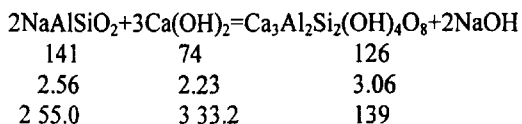
Рис. 3. Концентрационные кривые элементов в образцах бетона с нефелином «Сатеса MS-46»



Рис. 4 Контактная зона нефелина с цементом (в поглощенных электронах e^+), 125x125 мкм

Анализируя данные МЗА, удалось установить присутствие в контактной зоне несколько минеральных фаз, причем как в изменении состава самого минерала, так и минеральных новообразований. Установлено, что практически во всех исследованных включениях зерна нефелина в той или иной степени изменены, причем, наименьшие изменения отмечены в центре зерна. Исследованиями показано, что механизм взаимодействия нефелина с цементом претерпевает несколько последовательных стадий превращения и сводится к следующему. На первом этапе из нефелина выносятся щелочи, в меньшей мере,

глинозем; накапливается кремнезем. При достижении критического значения концентрация щелочей, начинается интенсивный вынос кремнезема, содержание кремния становится меньшим, чем алюминия. Когда же соотношение кремния и алюминия в тетраэдрах достигает критического значения, происходит структурная перестройка минерала, возникает цепочечный минерал типа фошагита, в котором практически все атомы Са замещены Na и Al. Второй распространенной фазой-новообразованием является гидрогранат. Реакции, протекающие при взаимодействии породообразующих минералов с гидроксидом кальция в гидротермальных условиях происходят, как правило, с объемными эффектами. Расчеты объемных эффектов по типовым химическим реакциям показали, что полученные в ходе реакции новообразованные фазы по объему превосходят нефелин, но всегда меньше суммарного объема нефелина и гидроксида кальция. Образование гидрогранатов по нефелину соответствует следующей химической реакции:



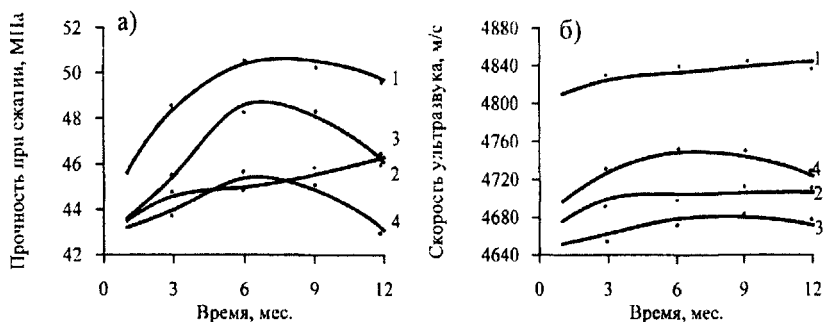
Аналогично реагирует гидросиликат кальция с кремнеземом, находящемся в избытке в контактной зоне. Таким образом, поведение нефелина при взаимодействии с цементом в условиях автоклавной обработки соответствует системе, в которой объем твердых фаз-новообразований соизмерим с суммарным объемом исходных твердых фаз и воды затворения и не вызывает опасения разрушения бетона.

В отличие от нефелина, полевошпатовый шпат и эгирин оказались значительно более устойчивыми, хотя и они в ряде случаев обнаруживают целый ряд последовательных изменений. Поскольку данные минералы часто встречаются в традиционных заполнителях, то их взаимодействие с активными компонентами вяжущих хорошо изучено и не вызывает объемных эффектов, ограничивающих области возможного применения щебня. Таким образом, проведенные исследования структуры бетона на нефелинсодержащих заполнителях показали, что взаимодействие нефелина с активными продуктами гидратации сводится к повышению щелочности среды, что приводит к упрочнению контактного слоя цементного камня и заполнителя бетона. В целом, структура бетона на нефелинсодержащих заполнителях не только практически не отличается от таковой на традиционных заполнителях, но и является более прочной и плотной за счет улучшенной контактной зоны.

Для оценки воздействия факторов внешней среды, которые могут влиять на изменение свойств бетона на нефелинсодержащих заполнителях при его эксплуатации, были проведены исследования стойкости таких бетонов в

различных средах, характерных для условий подземных выработок рудников ОАО «Апатит». К таким условиям относятся воздушно-сухие и воздушно-влажные среды, длительное воздействие водных сред с уровнем pH от 5.5 до 10, попеременное насыщение водой и высыхание. Стойкость бетонов в установленные ГОСТ сроки (1,3,6 и 12 мес.) определялась по таким показателям, как изменение внешнего вида, массы, скорости прохождения ультразвука, размеров, прочности при сжатии и на растяжение при изгибе (рисунок 5).

Кроме того, были проведены исследования структуры бетонов, хранившихся в различных средах, с помощью световой и электронной микроскопии, методами термографии и рентгеномископии. Результаты испытаний показали, что в бетонах после года испытаний практически отсутствуют деформации расширения. Образцы бетонов в изучаемых средах не снизили по сравнению с первоначальными значениями показателей прочности; скорость прохождения ультразвука в бетонах через год испытаний оставалась выше первоначальной, что свидетельствует о сохранности структуры бетонов.



1- водопроводная вода (pH=7), 2- жидкая среда с pH=10,
3- воздушно-сухая среда, 4- попеременное высушивание-увлажнение

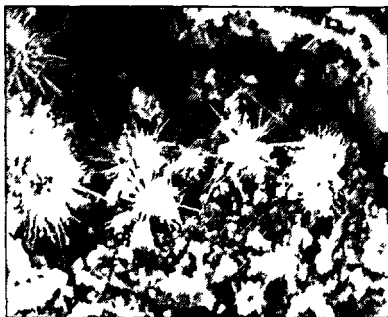
Рис.5. Изменение предела прочности при сжатии (а) и скорости прохождения ультразвука (б) образцов бетона, хранившихся в течение 1 года в различных средах.

На рисунке 6 показана микроструктура бетонов, хранившихся в течение 1 года в жидких средах.

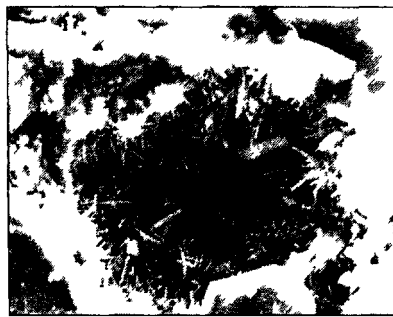
На приведенных фотографиях видно, что в структуре бетонов имеются типичные новообразования, представленные мелкими кристаллами этtringита,

крупными пластинчатыми кристаллами гидроксида кальция и округлыми зернами кальцита Новых образований, разрушающих структуру бетона, не обнаружено. В целом, полученные результаты одногодичных испытаний свидетельствуют о возможности использования нефелинсодержащих пород в качестве заполнителей бетонов, эксплуатирующихся в условиях подземных выработок на рудниках ОАО «Апатит».

водопроводная вода



среда с pH 5



среда с pH 10

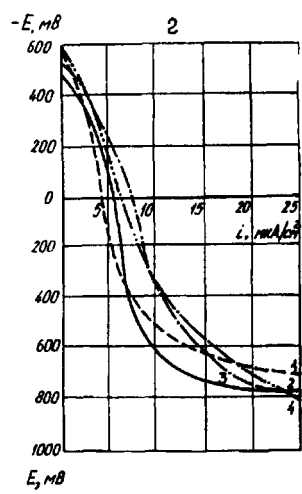
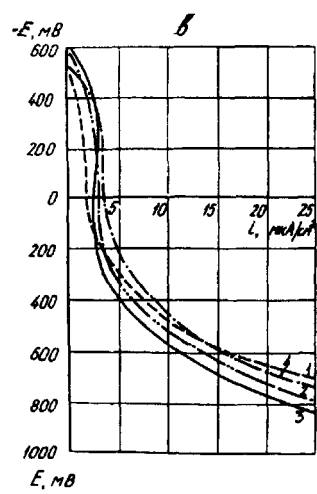
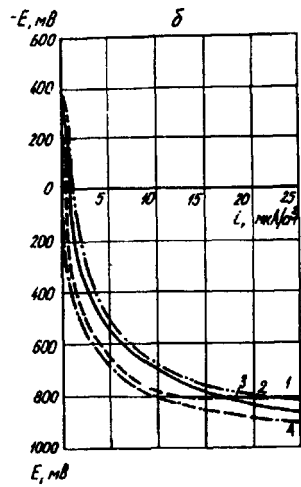
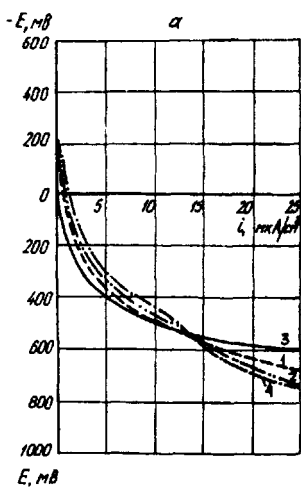


насыщение-высушивание



Рис 6 Микроструктура бетона при твердении в различных средах РЭМ, x 500

С целью изучения возможности использования бетонов на нефелинсодержащих заполнителях в железобетонных конструкциях, были проведены исследования коррозионной стойкости арматуры в таких бетонах по специальной методике НИИЖБа, включающей электрохимические испытания стали и определение pH жидкой фазы бетона (рисунок 7)



а - в исходном состоянии; б, в - после 3 и 6 месяцев увлажнения-высушивания; г - после года хранения в атмосферных условиях.

Составы: 1 - на рясчорритовом щебне и кварцевом песке; 2 - на рясчорритовом щебне и рясчорритовом песке; 3 - на уртитовом щебне и кварцевом песке; 4 - на уртитовом щебне и уртитовом песке

Рис 7. Анодные поляризационные кривые стали в бетоне на нефелин содержащих заполнителях

Приведенный рисунок иллюстрирует пассивное состояние стали в бетоне на нефелинсодержащих заполнителях всех составов в различных условиях эксплуатации. Таким образом, данные электрохимических испытаний указывают на коррозионную стойкость стальной арматуры в бетонах на нефелинсодержащих заполнителях; рН жидкой фазы таких бетонов находится в области значений, превышающих 11.8 и обеспечивающих пассивацию стали.

На основании проведенных комплексных испытаний бетонов с нефелинсодержащими заполнителями совместно с НИИЖБ были разработаны технические условия ТУ 66.024-90 «Бетон тяжелый на основе заполнителей из уррита и рисчоррита для промышленного и гражданского строительства». Применение данных ТУ рекомендуется для конструкций, эксплуатирующихся в неагрессивных газо-воздушных средах.

С целью расширения области применения вскрышных пород были проведены исследования, основной целью которых было изучение возможности использования этих материалов для строительства автомобильных дорог, в частности, для устройства оснований и щебеночных покрытий, для получения асфальтобетонных смесей и цементных дорожных бетонов.

Исследованиями вскрышных нефелинсодержащих пород установлено, что получаемые в результате их переработки щебеночно-песчаные смеси или фракционированный щебень соответствуют требованиям, предъявляемым к материалам для дорожного строительства. Показано, что щебень из урритов и рисчорритов может быть использован в качестве основного материала для строительства оснований дорожных одежд по способу заклинки, а щебеночно-песчаные смеси могут быть применены для устройства щебеночных оснований и для строительства щебеночных покрытий на дорогах IV-V технических категорий во всех дорожно-климатических зонах.

С целью практического применения полученных результатов на технологическом оборудовании ОАО «Апатит» была проведена опытно-промышленная проверка технологии переработки скальных вскрышных пород. Проведенными испытаниями установлено, что при дроблении вскрышных нефелинсодержащих пород на производственном оборудовании возможно получение фракционированного щебня и щебеночно-песчаных смесей, обладающих требуемыми техническими характеристиками. На основании проведенных исследований разработаны и введены в действие ТУ 113-12-1-12-88 «Порода скальная дробленая рудника «Восточный» ОАО «Апатит» и ТУ 113-00-77-15-89 «Смеси щебеночно-песчаные из породы скальной дробленой рудника «Центральный» ОАО «Апатит», предназначенные для устройства щебеночных оснований автомобильных дорог, а также покрытий без применения вяжущих материалов на дорогах IV-V категорий. В соответствии с разработанными ТУ 113-12-1-12-88 на руднике «Восточный» получено и

отгружено потребителям для строительства автомобильных дорог в Нечерноземной зоне России около 220 тыс. м³ дробленой породы из уртитов месторождения «Коашва».

Проведенные исследования возможности использования нефелинсодержащих пород для получения асфальтобетонов показали, что они соответствуют требованиям ГОСТ 9128-97 на смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Установлено, что по показателям пластичности и условной жесткости они не уступают горячим асфальтобетонам для верхних слоев покрытий, в меньшей степени подвержены старению, чем асфальтобетоны с использованием традиционных каменных материалов, а также обладают высокой износостойкостью и достаточным модулем упругости, что гарантирует надлежащую работоспособность покрытий. Положительные результаты исследований позволили разработать и ввести в действие ТУ 2025-90 «Смеси асфальтобетонные на основе нефелинсодержащих пород уртит и рисчоррит», которые распространяются на горячие и теплые асфальтобетонные смеси, полученные на основе заполнителей из нефелинсодержащих пород, предназначенные для устройства верхних и нижних слоев покрытий на дорогах I-IV категорий.

Для изучения возможности использования нефелинсодержащих пород в качестве крупного заполнителя в дорожных цементных бетонах были проведены специальные исследования, учитывающие возможность эксплуатации таких бетонов при неблагоприятных условиях в растворах хлористых солей, моделирующих воздействие антигололедных реагентов. Результаты испытаний показали, что заполнитель из нефелинсодержащих пород позволяет получить при нормальном твердении бетон с маркой по морозостойкости F200 и более, что соответствует проектным требованиям для бетона, эксплуатирующегося в районах со среднемесячной температурой наиболее холодного месяца ниже -15°C. На основании результатов проведенных исследований разработаны ТУ 66.023-90 «Смеси бетонные и бетон на основе продуктов дробления вскрышных нефелинсодержащих пород уртита и рисчоррита ОАО «Апатит» для дорожного строительства», предназначенные для монолитных и сборных покрытий и оснований автомобильных дорог всех категорий.

Выполненная технико-экономическая оценка эффективности использования вскрышных пород показала, что применение щебня из этих пород по сравнению с традиционно получаемым щебнем из карьеров природного строительного камня для условий Мурманской области позволяет экономить не менее 150 руб. на 1 м³ заполнителя.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Установлен характер взаимодействия нефелина с продуктами твердения клинкерных минералов. На первом этапе из нефелина выносятся щелочи, в меньшей мере, глинозем; накапливается кремнезем. При достижении критического значения концентрация щелочей, начинается интенсивный вынос кремнезема, содержание кремния становится меньшим, чем алюминия. Когда же соотношение кремния и алюминия в тетраэдрах достигает критического значения, происходит структурная перестройка минерала, возникает цепочечный минерал типа фошагита, в котором практически все атомы Са замещены Na и Al. Второй распространенной фазой-новообразованием является гидрогранат. Расчеты объемных эффектов по типовым химическим реакциям показали, что полученные в ходе реакции новообразованные фазы по объему превосходят нефелин, но всегда меньше суммарного объема нефелина и гидроксида кальция.

2. Установлено, что в результате взаимодействия нефелина с активными компонентами продуктов гидратации минералов цементного клинкера обеспечивается упрочнение структуры контактной зоны «нефелинсодержащий заполнитель-цементный камень». Выявлен характер влияния минерального состава нефелинсодержащего заполнителя и условий твердения бетона на синтез новообразований и формирование контактной зоны. Установлено, что по степени активности к взаимодействию с цементом минералы нефелинсодержащих пород располагаются в следующей последовательности: нефелин > эгирин > сфен > полевой шпат.

3. Выявлена кинетика изменения pH-среды при твердении и эксплуатации нефелинсодержащих бетонов и характер влияния на арматуру. Доказано отсутствие коррозии арматуры при различных условиях эксплуатации бетона. Показано, что в системе «нефелинсодержащий заполнитель-цементный камень» при взаимодействии нефелина с продуктами гидратации цементного клинкера, pH жидкой фазы бетонов находится в области значений, превышающих 11,8, что обеспечивает пассивацию стали.

4. Показано, что щебень из скальных вскрышных пород Хибинских апатитонепелиновых месторождений - уртитов и рисчорритов обладает достаточно высокими физико-механическими показателями и не имеет ограничений для использования в строительстве по радиационному фактору. Разработаны составы тяжелого бетона нормального твердения и пропаренного классов В10-В30. По деформативным показателям бетоны на нефелинсодержащих заполнителях соответствуют стандартным тяжелым бетонам такой же прочности на гранитном заполнителе и кварцевом песке.

5. Доказано, что бетоны на основе нефелинсодержащих заполнителей являются коррозионностойкими в газо-воздушных неагрессивных средах и жидких средах с pH 5.5-10, соответствующих эксплуатационным условиям подземных выработок рудников ОАО «Апатит».

6. Установлен характер влияния минералогического состава, структуры и текстуры уррита и рисчоррита, условий их дезинтеграции на зерновой состав и свойства щебеночно-песчаных смесей. Показано, что заполнители из уррита и рисчоррита в виде фракционированного щебня или щебеночно-песчаных смесей требуемого зернового состава могут быть использованы для устройства оснований и покрытий (без применения вяжущих) дорог всех технических категорий. Установлено, что щебень из уррита и рисчоррита можно применять для изготовления дорожного монолитного бетона и для производства сборных дорожных плит из бетона с морозостойкостью F200.

7. Разработана технология производства на основе нефелинсодержащих заполнителей горячих и теплых асфальтобетонных смесей, которые по свойствам не уступают асфальтобетону с использованием традиционных материалов.

8. Технико-экономическая оценка эффективности использования вскрышных пород Хибинских апатитонфелиновых месторождений в строительстве показала, что применение щебня из этих пород по сравнению с получением щебня из карьеров природного строительного камня, позволит экономить не менее 150 руб. на 1 м³ заполнителя.

Для широкомасштабного внедрения результатов диссертационной работы в промышленное, гражданское и дорожное строительство разработаны следующие технические условия:

- ТУ 113-12-1-12-88 «Порода скальная дробленая рудника «Восточный» ОАО «Апатит»;

- ТУ 113-00-77-15-89 «Смеси щебеночно-песчаные из породы скальной дробленой рудника «Центральный» ОАО «Апатит»;

- ТУ 2025-90 «Смеси асфальтобетонные на основе нефелинсодержащих пород уррит и рисчоррит»;

- ТУ 66.023-90 «Смеси бетонные и бетон на основе продуктов дробления вскрышных нефелинсодержащих пород уррита и рисчоррита ОАО «Апатит» для дорожного строительства»;

- ТУ 66.024-90 «Бетон тяжелый на основе заполнителей из уррита и рисчоррита для промышленного и гражданского строительства».

Основные публикации по теме диссертации

1. Крашенинников О.Н., Белогурова Т.П. Применение некоторых видов природнокаменного сырья Кольского полуострова для получения декоративных

бетонов // Силикатные материалы из минерального и техногенного сырья - Апатиты, 1985 -С 11-14

2 Исследование возможности использования вскрышных пород рудника «Центральный» ПО «Апатит» для производства щебня / В В Лашук, ТП Белогурова, ТТ Усачева, Ин-т химии и технологии редких элементов и минерального сырья Кол фил АН СССР -Апатиты, 1985 -17 с -Деп в ВИНТИ 24 07 85, №5381

3 Изучение вскрышных пород рудников ПО «Апатит» как сырья для получения заполнителей / Т П Белогурова, О Н Крашенинников, В В Лашук, ТТ Усачева // Отходы промышленности и минеральное сырье в производстве технических и строительных материалов - Л, 1986 - С 5-11

4 Крашенинников ОН, Белогурова ТП, Решетова ЗИ Декоративные заполнители из минерального и техногенного сырья Кольского полуострова // Производство и применение эффективных отделочных материалов в строительстве и способы повышения их качества Материалы семинара, 25-26 февр - Л, 1986 - С 24-28

5 Влияние шпребрушеинизации на свойства уртитов как сырья для получения заполнителей бетонов / В В Лашук, А А Арзамасцев, Т П Белогурова, ТТ Усачева // Техногенное и минеральное сырье в производстве строительных и технических материалов -Л Наука, 1988 -С 44-53

6 Крашенинников ОН, Белогурова ТП, Цветкова ТВ Влияние минерального состава уртитового заполнителя и условий твердения бетона на формирование контактной зоны // Комплексное использование минерального сырья в строительных и технических материалах -Апатиты, 1989 -С 22-25

7 Вскрышные нефелиносодержащие породы и их применение / О Н Крашенинников, Т П Белогурова, А М Полякова, С Г Фурсов // Автомобильные дороги 1990-№5 -С 16-17

8 Использование вскрышных нефелиносодержащих пород в строительстве / ОН Крашенинников, ТП Белогурова, НЯ Васильева, АМ Макаров // Использование отходов, попутных продуктов в производстве строительных материалов и изделий Охрана окружающей среды Экспресс-обзор, сер 11 - М, 1990 -Вып 2 - С 9-10

9 О реакционной способности вскрышных пород рудников ПО «Апатит» / Т П Белогурова, О Н Крашенинников, Г С Рояк, ТЛ Трактирникова // Физико-химические основы переработки и применения минерального сырья - Апатиты, 1990-С 32-35

10 Крашенинников О Н, Белогурова Т П, Лалаянц Н Г Нефелиносодержащие заполнители и деформационно-прочностные свойства тяжелых бетонов на их основе // Горнопромышленные отходы как сырье для производства строительных материалов -Апатиты, 1992 -С 27-33

11. Крашенинников О.Н., Белогурова Т.П. Вмещающие породы Куэлыгарского месторождения апатито-нефелиновых руд как сырье для получения заполнителей бетона // Минерально-сырьевые ресурсы Мурманской области для строительных и технических материалов. - Апатиты, 1995. - С. 40-49.
12. Крашенинников О.Н., Белогурова Т.П., Зимина Т.Л. Исследование коррозионного состояния арматуры в бетоне на нефелинсодержащих заполнителях // Технология и свойства строительных и технических материалов на основе сырья Кольского полуострова. - Апатиты, 1996. - С. 18-22.
13. Крашенинников О.Н., Белогурова Т.П., Беляевский А.Т. К вопросу коррозионной стойкости бетона на нефелинсодержащих заполнителях в условиях подземных выработок рудников АО «Апатит» // Химия, технология и свойства силикатных материалов. - Апатиты, 1999.-С. 122-129.
14. Крашенинников О.Н., Белогурова Т.П. Комплексное использование апатито-нефелиновых руд ОАО «Апатит» // Строительные и технические материалы из минерального сырья Кольского полуострова. Ч. 2 - Апатиты, 2003. - С. 7-22.
15. Использование вскрышных нефелинсодержащих пород в качестве заполнителей тяжелых бетонов / О.Н. Крашенинников, Т.П. Белогурова, Н.Я. Васильева, Н.Г. Лалаянц, В.Ф. Степанова // Фундаментальные проблемы комплексного использования природного и техногенного сырья Баренцева региона в технологии строительных материалов: Материалы Междунар. науч. конф. -Апатиты, 2003.-С. 102-104.
16. Применение вскрышных нефелинсодержащих пород в дорожном строительстве / О.Н. Крашенинников, Т.П. Белогурова, А.М. Макаров, Н.Я. Васильева, С.Г. Фурсов // Фундаментальные проблемы комплексного использования природного и техногенного сырья Баренцева региона в технологии строительных материалов: Материалы Междунар. науч. конф. - Апатиты, 2003. - С. 108-110.
17. Белогурова Т.П., Крашенинников О.Н. Эколого-технические аспекты использования вскрышных пород хибинских апатитонфелиновых месторождений // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2004. - № 8. - С. 90-92.
18. Использование отходов производства Кольского горнопромышленного комплекса для получения экологически безопасных строительных материалов / О.Н. Крашенинников, А.А. Пак, С.В. Бастрыгина, Т.П. Белогурова, Р.Н. Сухорукова // Экологическая безопасность регионов России и риск от техногенных аварий и катастроф: Сб. материалов Всерос. научно-техн. семинара. - Пенза, 2004. - С. 105-110.
19. Крашенинников О.Н., Белогурова Т.П., Пак А.А. и др. К проблеме утилизации попутных продуктов предприятий Кольского горнопромышленного комплекса в строительной отрасли // Достижения строительного материаловедения. - СПб.: ООО «Издательство ОМ-Пресс», 2004. - С. 63-66.

20. Белогурова Т.П., Крашенинников О.Н. Утилизация вскрышных пород Хибинских апатитонепелиновых месторождений в строительстве / Строительные материалы. 2004. - № 6. - С. 32-35.

21. Радиационно-экологические аспекты использования уррита и ричесоррита в производстве бетона / Н.А. Мельник, Т.П. Белогурова, О.Н. Крашенинников, В.В. Лашук // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: Материалы Междунар. конф. - Апатиты, 2004. - С. 153-154.

22. Крашенинников О.Н., Белогурова Т.П. Декоративные заполнители из природного каменного сырья Кольского полуострова и бетоны на их основе / Строительные материалы. - № 10, Приложение № 3. - 2004. - С. 15-16.

Автор диссертации выражает благодарность научному консультанту д.т.н., профессору Лесовику В.С. за оказанную помощь в обсуждении результатов работы.

Автореферат

БЕЛОГУРОВА Татьяна Павловна

**ЗАПОЛНИТЕЛИ ИЗ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД
ХИБИНСКИХ АПАТИТОНЕФЕЛИНОВЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ И БЕТОНЫ НА ИХ ОСНОВЕ**

Технический редактор В.А.Ганичев

Лицензия ПД 00801 от 06 октября 2000 г.

Подписано к печати 14.01.2005

Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Гарнитура Times/Cyrillic

Уч.-изд.л. 1.4 Заказ № 3 Тираж 100 экз.

Российская Академия Наук

Ордена Ленина Кольский научный центр им.С.М.Кирова
184209, Апатиты, Мурманская область, ул.Ферсмана, 14

