МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

В.С. Демьянова, О.А. Чумакова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕЛКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЕСКОВ В СОСТАВЕ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Пенза 2014

УДК 34
ББК 67.404
Д44

Рецензенты: зав. кафедрой «Строительные материалы и технологии» Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарева, член-корреспондент РААСН, доктор технических наук, профессор В.Т. Ерофеев;
доктор технических наук, профессор В.И. Логанина (ПГУАС)

Демьянова В.С.

Д44 Использование мелких строительных песков в составе цементных композиций: моногр. / В.С. Демьянова, О.А. Чумакова. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 124 с.

ISBN 978-5-9282-1195-0

Представлены результаты использования местного сырья в промышленности строительных материалов, в том числе при получении эффективных сухих смесей и высококачественных бетонов нового поколении, приведены области применения строительных песков, не востребованных в технологии приготовления традиционного бетона.

Монография подготовлена на кафедре «Инженерная экология» и предназначена для магистрантов и аспирантов, а также студентов, обучающихся по направлениям 20.03.01 «Техносферная безопасность» и 08.03.01 «Строительство».

ISBN 978-5-9282-1195-0

© Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2014
© Демьянова В.С., Чумакова О.А., 2014

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ПСМ – промышленность строительных материалов
НСМ – нерудные строительные материалы
ДН – дисперсный наполнитель
СП – суперпластификатор
ГСП – гиперсуперпластификатор
МК – микрокремнезем
КОМД – комплексные органоминеральные добавки
БАМ – Байкало-Амурская магистраль
СФБ – сталефибробетон
ВПБ – высокопрочный бетон
ВКБ – высококачественный бетон
$\mathbf{B_д}$ – водоредуцирующее действие
В – класс по прочности на сжатие
$\mathbf{B_t}$ – класс по прочности на осевое растяжение
W – марка по водонепроницаемости
D – марка по средней плотности
$\boldsymbol{R_{b,n}}$ – нормативное сопротивление бетона сжатию
$\boldsymbol{h}$ – глубина погружения конуса
$\boldsymbol{R}$ – прочность раствора, бетона сжатию

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время во всем мире наблюдается тенденция повышения негативного влияния промышленно-хозяйствующих объектов на окружающую среду, что ведет к истощению природных ресурсов и нарушению динамического равновесия биосферы. В этой связи особую актуальность приобретает разработка природоохранных и ресурсосберегающих материалов и технологий. Все более интенсивно развивается строительство, проводится реконструкция объектов различного назначения (социального, промышленного, жилищного, гражданского, ЖКХ), активно ведется жилищное строительство. Выполнение строительных работ сопровождается загрязнением окружающей среды на всех этапах деятельности, начиная от добычи полезных ископаемых и заканчивая утилизацией строительных отходов. Технологический процесс добычи полезных ископаемых изменяет рельеф местности, характер и структуру ландшафта, гидрологический режим. В настоящее время отходы добывающего комплекса рассматриваются как «техногенные месторождения». Это свидетельствует о том, что промышленные отходы добычи можно использовать в качестве источника вторичного сырья. Преимущества такого использования очевидны как с технико-экономической, так и с экологической точек зрения.

Промышленность строительных материалов является наиболее материалоемкой отраслью потребления не только природного сырья, но и техногенных отходов. При транспортировании строительных материалов на значительные расстоянии (учитывая протяженность территории РФ) их стоимость может быть увеличена в несколько раз. В связи с

этим возникает необходимость использования сырья, производимого вблизи строящегося объекта, расширения производства местных строительных материалов. Сокращение отходов неразрывно связано с вопросами устойчивого экономического развития в условиях постоянно растущего спроса на сырье при одновременном сокращении доступных запасов и конечной исчерпаемости природных ресурсов. Рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, разработка экологически безопасных технологических процессов с целью получения местных строительных материалов и изделий различного функционального назначения, охрана окружающей среды являются гарантией долгосрочного социально-экономического формирования основы для будущего экономического развития.

В данной монографии в качестве объекта ресурсосбережения рассматриваются строительные пески месторождений Пензенской области, используемые в качестве наполнителей цементных композиций при получении сухих смесей и мелкозернистых порошковых бетонов нового поколения.

1. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

1.1. Исторический очерк и основные направления развития минералогии в РФ

Нерудные каменные материалы используются в народном хозяйстве непосредственно в виде минералов, кристаллов и минеральных агрегатов – горных пород. Реже они перерабатываются для получения различных химических соединений [11, 51, 59, 63, 77]. Минералогия относится к древнейшей геологической науке, возникшей в результате практической деятельности человека. Многие минералы известны в древности до развития письменности [1].

Минералогия как самостоятельная наука появилась в эпоху великих географических открытий. В этот период чешский врач Георгий Бауэр-Агрикола (1490–1555 гг.) в книге «О происхождении минералов» обобщил фактический материал, накопленный при разработке рудных месторождений, и предложил подробную классификацию минералов, детально охарактеризовав их физические свойства: твердость, вес, спайность, прозрачность, вкус, впервые установил различие между минералами и горными породами.

Первая классификация минералов была создана древнегреческим ученым Аристотелем (384–322 гг. до н. э.) Известны труды римского ученого Плиния Старшего. В период раннего средневековья появились работы, посвященные описанию минералов. Так, Аль-Бируни (972–1048 гг.) написал «Книгу сводок для познания драгоценностей», где впервые были приведены физические признаки последних, а именно: твердость и удельный вес. Уроженец Бухары Авиценн (980–1037 гг.) разработал классификацию известных к тому времени минералов. В своем труде «Трактат о камнях» Авиценн разделил все минералы на 4 класса: 1 – камни и земли; 2 – горючие и сернистые ископаемые; 3 – соли и 4 – металлы.

Развитие отечественной минералогии условно делится на четыре периода [1, 23, 72]. *Первый период* связан с именем М.В. Ломоносова (1711–1765 гг.), который написал ряд работ по вопросам геологии и минералогии: «О слоях земных», «Слово о рождении металлов от трясения Земли», «О рождении и природе селитры». Рассмотренные в работах процессы метаморфизма и высказанные в них взгляды на строение кристаллического вещества, происхождение минералов являются материалистическими. Ломоносов М.В. составил первый отечествен-

ный каталог минералогических коллекций кабинета Академии наук. Им создан фактически первый в России минералогический музей – раздел минералов в Кунсткамере.

Значительный вклад в развитие минералогии внес последователь М.В. Ломоносова акад. Севергин В.М., который совместно с М.В. Ломоносовым занимался изданием «Общей минералогии Российской». В.М. Севергиным написан в двух томах «Опыт минералогического землеописания Государства Российского», а также «Первые основания минералогии или естественной истории тел», «Подробный словарь минералогический», «Новая система минералов, основанная на наружных отличительных признаках» и т.д. Впервые В.М. Севергин ввел понятие о парагенезисе, назвав его термином «смежность» минералов. Таким образом, *первый период* развития отечественной минералогии является материалистическим.

Для *второго периода* продолжительностью около 150 лет характерен сбор фактического минералогического материала, его детальное описанием. Причем особое внимание уделялось изучению формы кристаллов и химического состава. Широкое развитие получает описательная минералогия. Значительную роль в ее становлении сыграли академики Н.И. Кокшаров (1818–1892 гг.) и П.В. Еремеев (1830–1899 гг.). Они преподавали в Горном институте в Петербурге и являлись членами Российского Минералогического общества. Перу Н.И. Кокшарова принадлежит одиннадцатитомный труд «Материалы для минералогии России», в котором детально описаны и систематизированы минералы России. Академик В.И. Вернадский высоко оценил работы Н.И. Кошкарова. Он писал, что Н.И. Кокшаров «... автор точных исследований образцовых кристаллов, положил прочный фундамент навсегда, для всех обобщений в данной области...». Еремеев П.В., так же как и Кокшаров Н.И., занимался исследованием минералов и детальным изучением их кристаллографических форм, но в отличие от Н.И. Кокшарова, П.В. Еремеев исследовал обычные минералы, найденные в различных месторождениях России. Под редакцией П.В. Еремеева было издано 22 тома записок минералогического общества и 14 томов «Материалов для геологии России».

Третий период в развитии отечественной минералогии начинается в конце XIX в. и характеризуется обобщением ранее накопленного материала в области генетической минералогии. Этот период тесно связан с именем акад. В.И. Вернадского (1863–1945 гг.). Вернадский В.И. является основоположником генетической минералогии и геохимии.

Минералы, по В.И. Вернадскому, рассматриваются как продукты природных химических реакций, а минералогия – химия земной коры. Вернадский В.И. занимался изучением процессов образования минералов и минеральных ассоциаций, а также их изменениями при эволюции физико-химических условий. Согласно В.И. Вернадскому, минералы образуются в определенной геологической обстановке, при изменении которой преобразовываются и сами минералы. Вернадский В.И. ввел понятие о парагенезисе как о естественных ассоциациях минералов. Изучая процессы минералообразования, В.И. Вернадский пришел к выводу, что в алюмосиликатах алюминий играет роль кремния и способен изоморфно его замещать. Значительно позднее это положение подтвердилось рентгеноструктурными исследованиями [1, 23, 72, 95].

Изучая многочисленные месторождения Советского Союза, ученик и последователь В.И. Вернадского А.Е. Ферсман (1883–1945 гг.) собрал колоссальный фактический материал по минералогии. Известны его работы «Драгоценные и цветные камни России», «Пегматиты», «Геохимия» (в четырех томах), «Цвета минералов» и др.

Рассматривая минералы в развитии, начиная от их зарождения в определенных физико-химических условиях и заканчивая их преобразованиями (превращениями в другие минеральные виды) при изменении этих условий, В.И. Вернадский создал новую науку – геохимию. Геохимия, созданная В.И. Вернадским, его учениками и последователями А.Е. Ферсманом и В.М. Гольдшмидтом, зародилась и выросла из генетической минералогии и теснейшим образом с нею связана. Таким образом, В.И. Вернадский является родоначальником минералогеохимического направления в геологии, которое успешно развивается и в настоящее время современной советской школой минералогов и геохимиков (академиками А.Е. Ферсман, В.Г. Хлопиным, А.П. Виноградовым, Д.И. Щербаковым, К. А. Ненадкевич, Я.В. Самойловым, Н.М. Федоровским, И.И. Гинзбургом, П.П. Пилипенко, Н.А. Смольяниновым, В.И. Крыжанолвским, А.А. Сауковым, В.В. Щербина, Ф.В. Чухровым, Г.П. Барсановым, С.М. Курбатовым, Е.К. Лазаренко и многими другими).

Наряду с развитием химико-генетического направления в минералогии развилось и другое направление, получившее название кристаллохимического. Родоначальником этого направления следует считать академика. Е.С. Федорова (1853–1919 гг.). Федоров Е.С. задолго до развития рентгеноструктурного анализа математическим путем, исходя из симметрии кристаллов, вывел все возможно правильные системы расположения материальных точек в кристалле и основные виды групп

симметрии, а также разработал теорию параллоэдров – многогранников. Федоров Е.С. впервые ввел понятие о кристаллохимическом анализе, пользуясь которым при изучении граней кристаллов можно определить типы их структуры [72, 95].

Четвертый период в развитии минералогии связан с изучением физических методов исследования минералов и в первую очередь рентгеноструктурных методов инфракрасной спектроскопии (ИКС), электронной микроскопии и др. Этот период характеризуется расцветом кристаллохимии, которая вскрыла связь между структурой вещества, его составом и свойствами, Значительную роль в развитии современной кристаллохимии сыграли работы акад. Н.В. Белова. Впервые Н.В. Беловым и его учениками расшифрованы многие структуры минералов. Белов Н.В. по-новому подошел к трактовке структур силикатов, содержащих крупные катионы. Благодаря развитию кристаллохимии, стало возможным не только предсказывать, какие свойства должны быть у минерала, имеющего ту или иную структуру, но и создавать новые соединения с заданными свойствами [1, 23, 95] Так зародилась новая ветвь минералогии и кристаллографии – синтез минералов, изучающая возможность получения в промышленном масштабе кристаллов с особыми свойствами – сверхтвердыми (алмаз), пьезоэлектрическими (кварц и др.), полупроводниковыми (ферриты), диэлектрическими (слюды), оптическими (флюорит, кальцит, селитра), детекторными, свойствами квантовых генераторов и др.

Нерудные полезные ископаемые служат сырьем для различных отраслей производства и применяются в металлургии в качестве флюсов и огнеупоров, используются в технических изделиях – диэлектрики, абразивы и т.д., в сельском хозяйстве и других областях народного хозяйства (табл. 1.1).

Добыча полезных ископаемых сопровождается негативным воздействием на компоненты биосферы. При открытом способе добычи полезных ископаемых наблюдается наиболее существенные изменения структуры природных ландшафтов. Отходы добывающей промышленности, часто содержащие вещества, токсичные для человека, растений и животных, загрязняют атмосферу, воду и почву; десятки и сотни тысяч гектаров плодородных земель засыпаются отвалами; промышленные разработки изменяют рельеф местности, характер и структуру ландшафта, гидрологический режим. Наличие выемок отработанных карьеров вызывает комплексное негативное воздействие на все компоненты окружающей среды [38, 67].

Таблица 1.1

Области применения нерудных полезных ископаемых

Виды сырья и области их применения	Минералы и горные породы	Формула минералов
Теплоизоляционные материалы	Тальк Асбест Вермикулит	– $Mg_3 \cdot [Si_4O_{10}] \cdot (OH)_2$ – $Mg_6 \cdot [Si_4O_{10}] \cdot (OH)_8$ – $(Mg,Fe^{2+},Fe^{3+})_3 \cdot [(AlSi)_4 \cdot O_{10}(OH)_2 4H_2O$
Техническое сырье: абразивные материалы	Алмаз Корунд Топаз Гранат Диатомит Бокситы	– C – Al_2O_3 – $Al_2[SiO_4] \cdot (F,OH)_2$ – $(Fe,Mg)_3Al_2 \cdot [SiO_4]_3$ – аморфныйSiO_2 – $Al_2O_3+Fe_2O_3+SiO_2+TiO_2$
Строительные материалы	Известняки Мергель Песчаники Гравий Пески Глины Некоторые магматические и метаморфические породы	– $CaCO_3$ и др. – $Al_2O_3+Fe_2O_3+SiO_2+CaO+MgO+K_2O+Na_2O$ – кварц SiO_2 и др. – кварц SiO_2 и др. – $nAl_2O_3 \cdot mSiO_2 \cdot zH_2O$
Стекольно-керамическое сырье	Стекольные (кварцевые) пески Пегматиты Глины, каолинит	– кварц SiO_2 и др. – $2K_2O \cdot Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2+SiO_2$ крист. – $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$

1.2. Характеристика технологического процесса добычи полезных ископаемых как источник негативного воздействия на окружающую природную среду

Загрязнение атмосферы. Значительное воздействие на атмосферу, наблюдаемое со стороны открытой карьерной выработки, происходит как на стадии разработки (проведение взрывных и вскрышных работ, перемещение транспортных потоков), так и после завершения работ. В отработанном карьере, без проведения соответствующих рекультива-

ционных мероприятий, могут возникать застойные аэродинамические зоны, а также такие явления, как сдувание пыли [51, 67].

Одним из мощных источников пылевыделения на карьере являются пылящие поверхности откосов и уступов. При ветреной сухой погоде пыль с поверхностей карьерной выработки поднимается в воздух и разносится на значительные расстояния. Исследования запыленности прикарьерной территории показывают, что загрязнение воздуха на расстоянии 500 м от карьера достигает 1,5...11,7 кг/м^3 при скорости ветра 4...6 м/с. Повышенная запыленность атмосферного воздуха в ареале горной выработки оказывает существенное влияние на флору района. Так, по данным авторов в районе расположения отработанных карьеров открытой разработки Агаповского доломитового и Смеловского известкового месторождений Пензенской области наблюдается деградация хвойных пород деревьев [20, 75, 77]. Результаты исследования более 500 сосен и елей показали, что основной причиной деградации является превышение в атмосферном воздухе известково-доломитовой пыли. При глубине выработки карьеров более 100 м происходят изменения компонентного состава атмосферного воздуха внутри отработанного карьера [38, 100].

Загрязнение гидросферы. Значительное негативное воздействие горная выработка открытого типа оказывает на состоянии гидросферы. Это относится не только к водным объектам, находящимся в непосредственной близости от карьеров, но и достаточно удаленным. Основными факторами, вызывающими изменения гидрогеологических условий являются предварительное осушение месторождения, искусственное изменение поверхностного стока, сброс карьерных и технических вод. Неблагоприятные гидрогеологические условия в ареале отработанных карьеров вызывают обезвоживание земель, приводят к снижению их продуктивности, способствуют снижению урожайности сельскохозяйственных культур, высыханию и гибели насаждений [67, 83].

Загрязнение литосферы. Добыча полезных ископаемых открытым способом вызывает нарушения земной поверхности, почвенного покрова. Как показывает практика, на один гектар нарушенной разработками территории приходится около одного гектара прилегающей территории, находящейся под негативным влиянием, что обусловлено наличием земель, занятых отвалами при проведении вскрышных работ, промышленными площадками, транспортными коммуникациями и прочее [38, 83]. При разработке полезных ископаемых открытым способом можно выделить два вида нарушений: ландшафтное и экологическое [38]. Под ландшафтными понимают нарушения земной поверх-

ности. Под экологическим – изменение условий функционирования экосистем на землях добычи и прилегающих к ним территориям. При добыче полезных ископаемых открытым способом формируется техногенный пересеченный рельеф, состоящий из высоких насыпей и глубоких впадин с разностью гипсометрических уровней до 100–200 м [83, 84]. Кроме того, нарушение значительных территорий земель происходит нередко в результате неполного извлечения сырья.

Еще одним существенным негативным воздействием на окружающую среду является образование стихийных неорганизованных свалок твердых бытовых и промышленных отходов в выработанном пространстве карьеров, что приводит к изменению качества атмосферного воздуха, грунтовых вод и почв [82, 83, 100, 101].

Освоение нерудных полезных ископаемых в строительной отрасли приходится на регионы, где сосредоточены значительные запасы строительных песков.

Госдума РФ поддержала проект развития второй очереди Байкало-Амурской магистрали на период до 2025 г. (БАМ-2). Эта железнодорожная магистраль будет способствовать дальнейшему развитию Сибири и Дальнего Востока. Реализация проекта потребует строительства 2592 километров вторых главных путей. Кроме строительства путевой инфраструктуры понадобится модернизировать и увеличить мощности подразделений, осуществляющих железнодорожные перевозки, ремонтных и обеспечивающих служб. По предварительным оценкам, следует привлечь 114 тысяч работников железнодорожных специальностей и 184 тысяч – строительных. Предполагается, что строители будут заселяться на вахтовой основе во временные поселки, возведение которых учитывается в проектах создаваемых предприятий. По итогам реализации БАМ-2 общий прирост постоянного населения в регионах, прилегающих к магистрали, составит свыше 435 тысяч человек. Так должен осуществляться блок проекта, связанный с развитием населенных пунктов вдоль трассы, социальной инфраструктуры и ЖКХ. Еще один аспект БАМ-2 – это развитие тихоокеанских портов на территории Хабаровского края. Сегодня на побережье формируется портовая особая экономическая зона (ПОЭЗ) [106].

Байкало-Амурской магистраль – железнодорожная магистраль длиной в 4000 км, а вместе с ответвлениями – 5500 км. Порядка 85 % магистрали – однопутная сеть дорог, 70 % дороги обслуживается составами на тепловозной тяге. На территории, прилегающей к Байкало-Амурской магистрали, располагаются залежи полезных ископаемых, которые включают все элементы таблицы Менделеева. Однако в про-

мышленной разработке – лишь несколько месторождений, что обусловлено неразвитостью транспортной инфраструктуры [106]. Зоны, прилегающие к БАМу, отличаются выгодным географическим положением, обладают крупными запасами углеводородного сырья и твердых полезных ископаемых. Однако степень использования существующего ресурсного потенциала достаточно низка. В промышленных масштабах используются только месторождения угля, железной руды, строительных материалов и углеводородов. Разведанные ресурсы представлены в основном прогнозными категориями. Регионы, по которым проходит БАМ, имеют достаточно низкий социально-экономический уровень развития. Так, например, по доле валового регионального продукта (ВРП) на душу населения только Республика Саха (Якутия) превосходила среднероссийский уровень. Показатели же прочих субъектов колеблются от 52 % в Забайкальском крае, до 81 % – в Хабаровском. Суммарный ВРП территорий зоны БАМа составляет не более 5 % от совокупного ВРП всех субъектов Российской Федерации, что не соответствует их важной роли в геостратегическом положении страны, а также богатым природным запасам территорий [106].

Устойчивое развитие регионов Дальнего Востока, Сибири и Забайкалья, решение федеральных и региональных задач по использованию ресурсного, промышленного и транзитного потенциала востока страны возможны только при реализации комплексного инфраструктурного проекта реконструкции БАМа. Проект комплексного развития территории БАМа должен стать одним из крупнейших мегапроектов за последние тридцать лет и ярким примером эффективности государственно-частного партнерства в России. В рамках проекта комплексного развития территории БАМа предполагается привлечь 3,2 триллиона рублей частных инвестиций. Суммарный объем государственных инвестиций в проект на основе механизмов государственно-частного партнерства составит пять триллионов рублей. Например, за счет бюджетных источников финансирования с учетом возможности применения инструментов государственно-частного партнерства предполагается осуществить модернизацию участка Тайшет – Советская Гавань. В результате на базе регионов БАМа возможно создать новый промышленный район, основанный на добыче и переработке минерального сырья и развитии энергетики [106].

Первым и основным элементом проекта должно стать развитие самой железнодорожной магистрали и вывод ее на новые объемы грузоперевозок. По прогнозам, к 2020 году объем грузоперевозок по БАМу должен увеличиться в три раза, а пассажирооборот на 18 %. В настоя-

щее время ощущается дефицит пропускной способности, низкая скорость движения, высокий износ дорожного полотна. Вместе с тем, по расчетам крупных добывающих компаний, только угля в ближайшие годы они готовы транспортировать до 70 млн т в год. Кроме того, растут объемы перевозок руды из Амурской области, Якутии, Еврейской автономной области. БАМ – важный перевозчик генеральных грузов, нефти, черных и цветных металлов, леса. С целью увеличения грузоперевозок по БАМу, необходимо изменить грузоподъемность составов и перевести локомотивы на электрическую тягу, а также увеличить мощности железнодорожных узлов и технических станций, проложить вторые пути, поскольку сегодня БАМ почти на всем своем протяжении – одноколейный [106].

Таким образом, освоение минерально-сырьевых ресурсов в районе строительства второй очереди БАМа способствует созданию и расширению объектов добычи, в том числе нерудных полезных ископаемых. Это, в свою очередь, потребует развития инфраструктуры, строительства новых ГОКов, рекультивации отработанных карьеров и пр.

1.3. Рациональное использование природных ресурсов как средство защиты окружающей среды

Практическая реализация рационального природопользования и снижение техногенной нагрузки на окружающую природную среду при осуществлении хозяйственной деятельности в области добычи полезных ископаемых требует выполнения ряда природоохранных мероприятий. К ним относятся: внедрение ресурсосберегающих и малоотходных технологий во всех сферах хозяйственной деятельности; технологическое перевооружение и оснащение современным природоохранным оборудованием предприятий добычи; обеспечение качества воды, атмосферного воздуха, почвы в соответствии с нормативными требованиями; разработка технологических процессов использования вторичных ресурсов, развитие экологически безопасных технологий строительства; воспитание нравственной (по отношению к природе) позиции граждан и т д. [43, 100, 101, 103].

Рациональное природопользование необходимо как в сфере производства минерального сырья, так и в сфере его потребления. В сфере производства минерального сырья требуется комплексное освоение крупных сырьевых регионов и использование всех содержащихся в сырье полезных компонентов. Технико-экономическая эффективность комплексного освоения определяется исходя из развития отрасли ре-

гиона и добывающего предприятия. В сфере потребления минерального сырья необходимо снижение расхода сырья за счет применения современных технологий добычи, использования вторичного сырья и отходов, замена исходного минерального сырья на вторичное.

Рациональное использование минеральных ресурсов охватывает несколько направлений. С целью получения максимума информации о месторождениях полезных ископаемых необходимы современные методы разведки и расчета количества полезных ископаемых, разработка научно обоснованных методов прогноза инженерно-геологических условий эксплуатации месторождений. Совершенствование технологии разработки месторождений добычи полезных ископаемых способствует более полному извлечению их из недр. Так, например, при суммарной добыче полезных ископаемых более чем 6,5 млрд т величина общих потерь составляет 2,5 млрд т [12, 26]. При переработке сырья различных месторождений теряется значительное количество редких элементов. Правовые и экономические основы комплексного рационального использования недр содержатся в Федеральном законе «О недрах».

Механизм использования минеральных ресурсов, рассматриваемый в настоящей монографии, предусматривает расширение минерально-сырьевой базы отдельных регионов РФ.

О возможности применения материалов и отходов добычи нерудных строительных материалов в качестве вторичного сырья свидетельствует производство маршалита как природного, так и техногенного происхождения [35, 51, 59, 65]. Природный маршалит – пылевидный кварц (горная мука, кварцевый мелит, пылевидный кремнезем) — мучнистая масса тонкодисперсного кварца, обычно безукоризненно белого цвета. Состоит из угловатых зерен кварца с примесью халцедона, опала, карбонатов и глинистых минералов. Маршалит отличается высокой дисперсностью и низким содержанием оксидов железа. Преобладающей фракцией (св. 80 %) являются зерна менее 0,01 мм, плотность – 2,61–2,65 т/м^3, насыпная плотность – 1,14 т/м^3. Потери при прокаливании 0,55–1,42 %. Объем пустот в природном маршалите достигает 60 %, удельная поверхность – 1130–1500 см^2/г. Применение маршалита основано на его химическом составе, приближающемся к составу кварца, и высокой дисперсности при низком содержании оксидов железа. Маршалит легко поддается обогащению отмучиванием и воздушной сепарацией с выделением мономинеральных фракций и одновременным снижением содержания Fe_2O_3. Химическим обогащением со-

держание Fe_2O_3 может быть снижено до 0,004 %. Маршалит также может быть получен искусственно — помолом кварцевого песка [71].

На основе отходов известно также получение микрокремнезема (МК). В России насчитывается более пяти предприятий, обеспечивающих выпуск 150000 т микрокремнезема. К наиболее масштабным из них относятся Челябинский металлургический комбинат, поставляющий порошкообразный МК с содержанием SiO_2 не менее 85 %, Новокузнецкий комбинат – гранулированный МК с содержанием SiO_2 не менее 83 %, Липецкий металлургический комбинат – порошкообразный МК с содержанием SiO_2 не менее 88 %. Однако, как свидетельствует зарубежная и отечественная практика, применяемые микрокремнеземы являются достаточно дефицитными и дорогостоящими. В связи с этим необходим поиск заменителей микрокремнезема, содержащих в своем составе активную форму кремнезема [5, 46, 53, 93].

В регионах РФ, имеющих запасы различных реакционно-активных нерудных каменных пород, возможно производство каменной муки (КМ) на основе измельченных отходов камнедробления гранита, диабаза, базальта («Микрогранит», «Микродиабаз», «Микробазальт и т.д.) с целью дальнейшего их использования в качестве минеральных дисперсных наполнителей цементных композиций [51, 56, 59]. Комплексное использование материала и отходов добычи мономинеральных карьеров способствует расширению минерально-сырьевой базы отдельных регионов РФ.

1.4. Технические и эколого-экономические аспекты добычи полезных ископаемых на примере месторождений Пензенской области

Как было показано ранее, отходы добычи в условиях производства, а также после вывоза их в отвалы становятся источниками загрязнения атмосферы, проникают в литосферу и гидросферу, а благодаря миграции через воздушную и водную среду переносятся на значительные расстояния и таким образом способствуют ухудшению условий жизнедеятельности и здоровья населения, проживающего на данных территориях. Учитывая состояние минерально-сырьевой базы (МСБ) отдельных регионов РФ, минерально-ресурсного потенциала отходов добычи, их негативного влияния на окружающую среду необходимо создание единого технологического цикла: «добыча – переработка – размещение отходов – утилизация». Разработка техногенных месторож-

дений с учетом указанного цикла, становится технически и экономически выгодным производством [7, 13, 97, 98].

Другой важной проблемой добычи полезных ископаемых открытым способом является образование значительного количества карьеров, которые наносят ущерб окружающей среде и нуждаются в рекультивации. К сожалению, отработанные карьеры нередко используются в качестве несанкционированных свалок. По данным государственного учета земель, площадь нарушенных в РФ земель, составляет более 1139,4 тыс. га, 61 % из которых нарушены при проведении геологоразведочных работ, в результате разработки месторождений полезных ископаемых, их переработки [13, 83]. В то же время инертные минеральные отходы могут быть использованы в качестве рекультивационного материала, заполняющего выработанное пространство карьера [83]. В качестве засыпки могут быть использованы отработанные формовочные и горелые земли (их количество, например, для Пензенского объединения ОАО «Тяжпромарматура» достигает 34900 т/год) [38, 75].

Комплексное решение рециклинга отходов и безопасного размещения их в отработанных карьерах позволит минимизировать негативное воздействие на окружающую среду и решить ресурсосберегающие и природоохранные задачи. Однако вовлечение промышленных отходов во вторичное производство должно иметь эколого-гигиеническое обоснование и находиться под строгим контролем природоохранных органов за соблюдением выданных рекомендаций и разработанных технологических регламентов, в том числе при использовании их в качестве рекультиванта отработанных карьеров.

2. МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

2.1. Освоение минерально-сырьевых ресурсов Пензенской области

Пензенская область не входит в число регионов с высокоразвитой добывающей промышленностью. Тем не менее, на территории области разведаны месторождения твердых полезных ископаемых, которые используются или могут быть использованы в строительной отрасли, в качестве минеральных удобрений в сельском хозяйстве, как техническое сырье в промышленности.

Главные сырьевые материалы естественного происхождения в недрах Пензенской области представлены осадочными горными породами. К ним относятся известняковые горные породы в виде известняка и мела, применяемые для получения строительной извести; мергели – плотные карбонатные породы, состоящие из смеси глинистых частиц и карбоната кальция и являющиеся основным сырьем для приготовления цемента; глины, используемые совместно с известняками в качестве главных сырьевых материалов при составлении сырьевых смесей в производстве цементов; активные минеральные добавки (диатомит, опоки, трепел), вводимые в состав цемента [8, 77].

Минерально-сырьевая база Пензенской области в основном представлена осадочными породами. Ограниченность на территории области некоторых горных пород – это в первую очередь относится к изверженным горным породам – не должна восприниматься как показатель «бедности». Осадочные породы, когда они представлены в комплексе (глины, суглинки, пески, известняки, опоки) открывают хорошие перспективы для производства многих строительных материалов.

Такой массовый строительный материал, как заполнитель для бетона, чаще всего получают из изверженных горных пород, которые в нашей области отсутствуют. Поэтому, чтобы покрыть существующий дефицит заполнителя для бетона Пензенской области, необходимо получать его искусственным путем (аглопорит, керамзит, термолит). Ориентация на искусственные заполнители не приводит к удорожанию строительства, а наоборот, при создании крупных механизированных предприятий для производства пористых заполнителей, легкие бетоны обеспечивают ряд существенных преимуществ. Замена тяжелого бетона на керамзитобетон в сопоставимых конструкциях, при высокой стоимости привозного щебня, дает значительный экономический эффект. Масса изделий уменьшается на 20 %, экономится от 5 до 10 % стали (арматурной), сокращаются расходы на транспорт [55, 56].

Несмотря на доступность пород осадочного происхождения и их достаточное количество, нельзя не заметить, что большинство месторождений мелкие. Поэтому одной из важнейших задач является проведение геологоразведочных работ по выявлению более крупных месторождений. Возможность нахождения новых массивов известняков имеется в Иссинском и Лунинском районах. Значительный интерес представляют песчаники Тамалинского и Бековского районов, где отмечается большое число выходов.

Следует отметить, что имеются большие запасы диатомита. Опробование же этих пород в качестве сырья для производства пористых заполнителей показали экономическую целесообразность такой ориентации. Необходима детальная геологическая разведка в каждом районе области данных видов сырья.

При очевидной слабости минерально-сырьевой базы Пензенской области она, тем не менее, способна ускорить оздоровление и укрепление ее экономики, а также способствовать решению важнейших социальных проблем – повышению занятости и уровня жизни населения. В этом плане ближайшие перспективы связываются с основным богатством ее недр – минеральным строительным сырьем. Наличие его значительных ресурсов позволяет нарастить объемы производства, а также расширить ассортимент выпускаемых строительных материалов и изделий, предложив на внутриобластной и внешние рынки новые товары, пользующиеся спросом потребителей.

Основной задачей в развитии региона на ближайший период является освоение наиболее перспективных месторождений, разведка и уточнение запасов, качества сырья новых месторождений. Для этого в обязательном порядке необходимо непрерывно выделять финансовые ресурсы из бюджета Пензенской области на работу для совершенствования управлением минерально-сырьевой базой для наиболее эффективного ее использования.

Практическая реализация рационального природопользования при осуществлении хозяйственной деятельности в области добычи полезных ископаемых требует анализа существующих месторождений [63, 67].

Основным эксплуатируемым в Пензенской области сырьем являются общераспространенные полезные ископаемые: глины для производства кирпича и керамзита, пески строительные для производства силикатного кирпича, камень для производства щебня (известняки, песчаники, опоки), трепелы, диатомиты, карбонатные породы (мел) для производства извести.

Главные сырьевые материалы естественного происхождения в недрах Пензенской области представлены осадочными горными породами. К ним относятся известняковые горные породы в виде известняка и мела, применяемые для получения строительной извести; мергели –

плотные карбонатные породы, состоящие из смеси глинистых частиц и карбоната кальция и являющиеся основным сырьем для получения цемента; глины, используемые совместно с известняками в качестве главных сырьевых материалов при составлении сырьевой шихты в цементном производствен; активные минеральные добавки (диатомиты, опоки, трепелы), вводимые в состав цемента [2, 5, 8, 9, 17, 18, 21, 28, 49].

На основе анализа геологических, природных, экономических и демографических факторов на территории Пензенской области выделены две горнопромышленные зоны (ГПЗ): Западная и Восточная (рис. 2.1, табл. 2.1). Занимая практически одинаковые по площади территории, указанные зоны существенно различаются по направлению хозяйственной деятельности, объемам производства промышленной и сельскохозяйственной продукции, строительства, минеральных ресурсов и производимой продукции, численности и плотности населения [63, 82].

Рис. 2.1. Горнопромышленные зоны Пензенской области:
— – граница горнопромышленных зон

Таблица 2.1

Горнопромышленные зоны Пензенской области

Наименование горнопромышленных зон и административных районов	Наименование горнопромышленных зон и административных районов
1	2
Западная ГПЗ	**Восточная ГПЗ**
Башмаковский	Бессоновский
Бековский	Городищенский
Белинский	Иссинский
Вадинский	Камешкирский
Земетчинский	Кондольский
Каменский	Кузнецкий
Колышлейский	Лопатинский
Мокшанский	Лунинский

Окончание табл. 2.1

1	2
Наровчатский	Малосердобинский
Нижнеломовский	Неверкинский
Пачелмский	Никольский
Сердобский	Пензенский
Спасский	Сосновоборский
Тамалинский	Шемышейский

Западная ГПЗ объединяет 14 из 28 административных районов области: Башмаковский, Бековский, Белинский, Вадинский, Земетчинский, Каменский, Колышлейский, Мокшанский, Наровчатский, Нижнеломовский, Пачелмский, Сердобский, Спасский и Тамалинский.

Промышленное значение Западной ГПЗ имеют строительные пески, кирпичные и керамзитовые глины, балансовые запасы которых по категорий $A+B+C_1$ составляют, соответственно, 22,3; 28,5 и 4,8 % областных показателей.

Из других видов полезных ископаемых в недрах Западной ГПЗ присутствуют разведанные запасы и прогнозные ресурсы глин для производства аглопорита и керамзита, огнеупорных и тугоплавких глин, фосфоритов и глауконита. Центром Западной ГПЗ является г. Каменка. Горнопромышленными узлами меньшего масштаба являются города Сердобск и Нижний Ломов [82].

Восточная ГПЗ объединяет 14 из 28 административных районов области: Бессоновский, Городищенский, Иссинский, Камешкирский, Кондольский, Кузнецкий, Лопатинский, Лунинский, Малосердобинский, Неверкинский, Никольский, Пензенский, Сосновоборский и Шемышейский.

В недрах Восточной зоны сосредоточены основные минерально-сырьевые ресурсы Пензенской области, представленные как разведанными запасами, учтенными и не учтенными балансами, так и прогнозными ресурсами. В производстве строительных материалов Восточная зона играет ведущую роль. В ней добываются нерудные материалы для производства керамического и силикатного кирпича, крупных и мелких стеновых блоков, керамзита и керамической плитки. В промышленное освоение вовлечены запасы строительного камня, строительных, силикатных и формовочных песков, глин кирпичных и керамзитовых. Центром Восточной зоны является г. Пенза. Важными горнопромышленными узлами являются также города Кузнецк, Никольск и п.г.т. Исса [82].

Из всего многообразия нерудных полезных ископаемых месторождений Пензенской области наибольшее значение имеют пески, стеновые камни на основе песчаников, диатомиты, объемы добычи которых достигают свыше 55 % всей добычи. На рис. 2.2 приведена карта месторождений полезных ископаемых Пензенской области: на рис. 2.3 – динамика объемов добычи нерудных полезных ископаемых месторождений на территории Пензенской области.

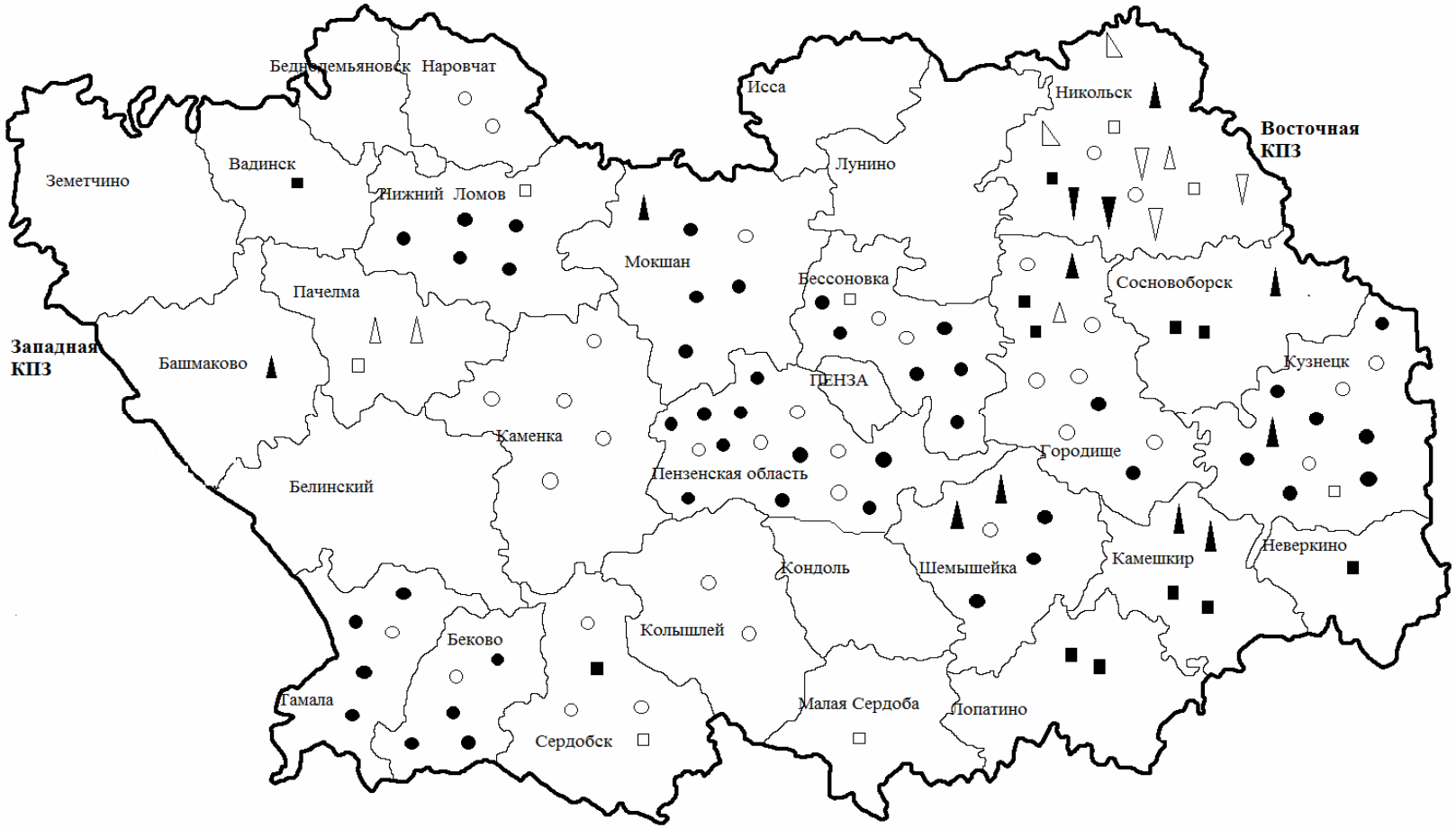


Рис. 2.2. Карта месторождений строительных песков, песчаников и диатомитов Пензенской области:
○ – запасы строительных песков по категориям $A+B+C_1$; △ – прогнозные месторождения строительных песков;
● – запасы строительных песков по категориям C_2; ▲ –запасы песчаника по категориям $A+B+C_1$;
□ –прогнозные месторождения песчаника; ■ – запасы песчаника по категориям C_2;
▽ – запасы диатомита по категориям C_2; ▼ – запасы диатомита по категориям $A+B+C_1$;
◺ – прогнозные месторождения диатомита

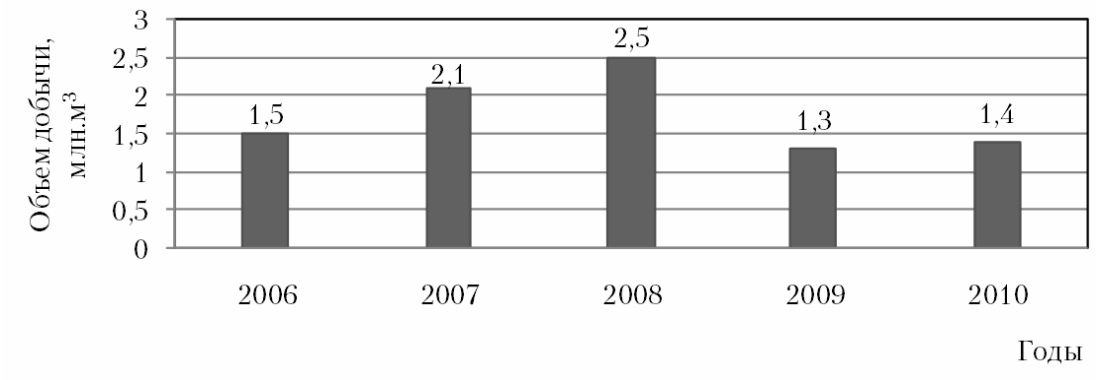


Рис. 2.3. Динамика объемов добычи нерудных полезных ископаемых месторождений Пензенской области

Месторождения различных песков (строительных, формовочных, стекольных и др.) встречаются практически во всех районах Пензенской области.

Запасы строительных песков по всем категориям составляют более 570 млн м^3. Потребность строительных организаций в песчаных породах удовлетворяется в основном за счет речных песков. Используются они для приготовления растворов, бетона, в дорожном строительстве, а в молотом виде – в производстве ячеистого бетона. Пески речных отложений наиболее доступны для разработки. Речные пески в больших количествах разрабатываются во многих районах области без данных разведок.

Баланс месторождений песков по Пензенской области представлен на рис. 2.4. Промышленные запасы строительных песков всех месторождений Пензенской области по состоянию на 01.01.2010 г. по категориям А+В+C_1 составляют 21,66 млн. м^3, по категории C_2 – 22,0 млн м^3. Балансом учтено 37 месторождений песков строительного назначения (рис. 2.5–2.7).

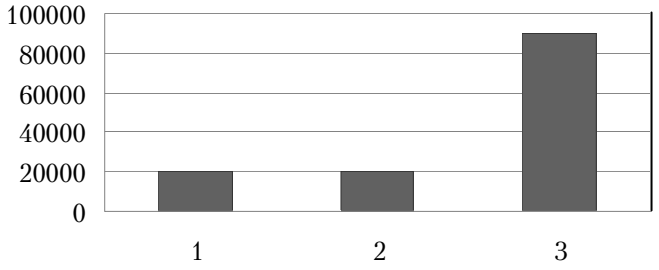
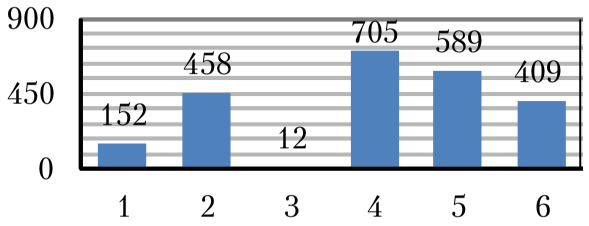
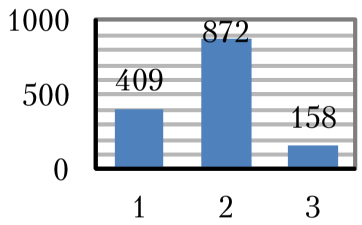


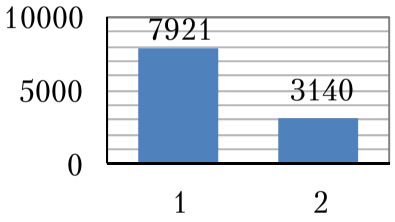
Рис. 2.4. Баланс месторождений строительных песков Пензенской области по категориям: 1 – А+В+C_1, 2 – C_2, 3 – прогнозные ресурсы. Значения по вертикальным осям – балансовые запасы, тыс. м^3; по горизонтальным осям – категории месторождений



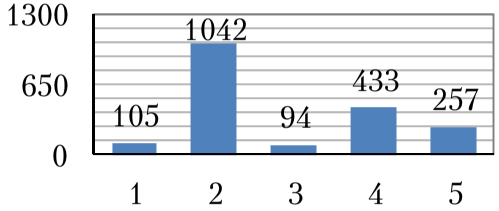
1) 1 – Трескинское; 2 – Архангельское; 3 – Асеевское; 4 – Юловское; 5 – Сурские Выселки; 6 – 64 квартал



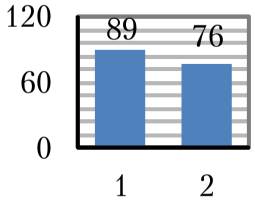
2) 1 – Сердобск; 2 – Секретарское; 3 – Звездочка



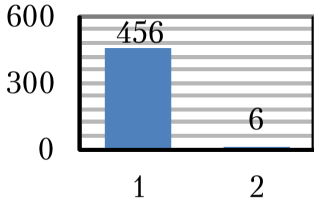
3) 1 – Ухтинка-2; 2 – Ухтинское



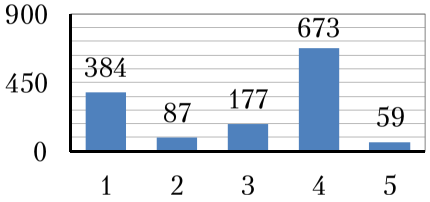
4) 1 – Максимовское; 2 – Владыкинское; 3 – Каменское; 4 – Анучинское; 5 – Крыловское



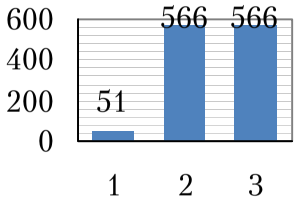
5) 1 – Ачасьевское; 2 – Ново-Пичурское



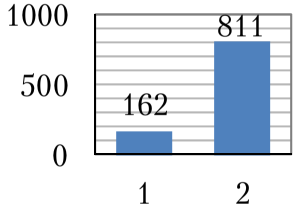
6) 1 – Никольское; 2 – Вишенки



7) 1 – Вителевское; 2 – Терновское; 3 – Константиновское; 4 – Александровский-Старое Стрельбище; 5 – Ардымское

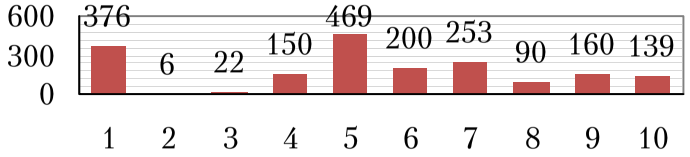


8) 1 – Вишневское; 2 – Комаровское; 3 – Ясное

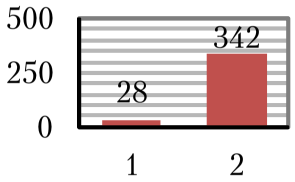


9) 1 – Подъячевское; 2 – Карьерное

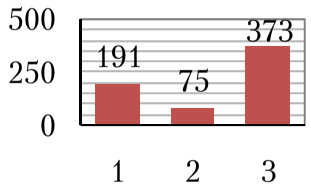
Рис. 2.5. Запас строительных песков по категориям $A+B+C_1$ по районам области:
1) Городищенский; 2) Сердобский; 3) Бессоновский; 4) Каменский; 5) Наровчатский; 6) Никольский; 7) Пензенский; 8) Кузнецкий; 9) Колышлейский. Значения по вертикальным осям – балансовые запасы, тыс. м^3; по горизонтальным осям – номера месторождений



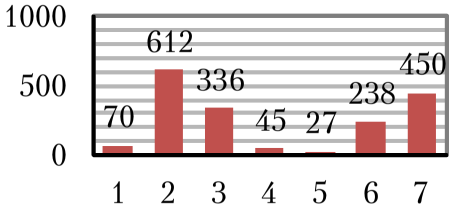
1) 1 – Вителевское; 2 – Оленевский; 3 – Кучки; 4 – Николаевское; 5 – Сурское; 6 – Архангельское-2; 7 – Еланское; 8 – Тройка; 9 – Ровное; 10 – Золоторевское



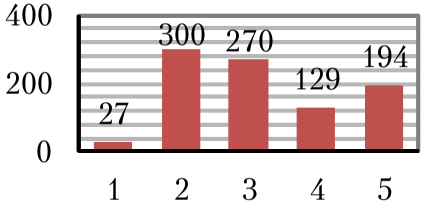
2) 1 – Выселки; 2 – Архангельское



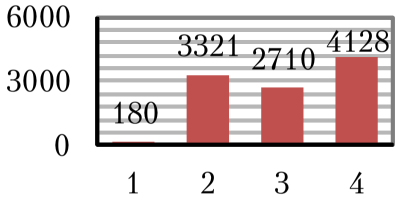
3) 1 – Пестровка; 2 – Шемышейское; 3 – Яксарское



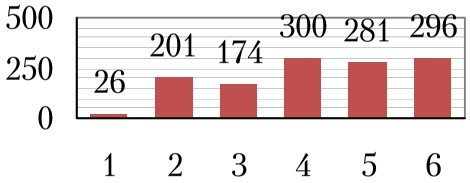
4) 1 – Вишневское; 2 – Ржавка; 3 – Григорьевское; 4 – Кузнецкое; 5 – Комаровское; 5 – с. Комарова; 6 – Кряжимское; 7 – Комаровское-1



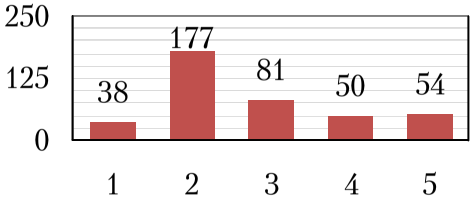
5) 1 – Богородское; 2 – Симбуховское; 3 – Панкратовское; 4 – Заречное



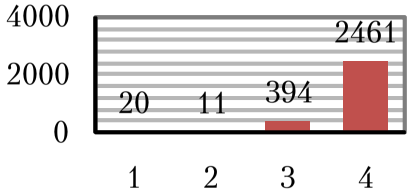
6) 1 – Дуровское; 2 – Красавка; 3 – Корнеевское; 4 – Варваринский участок



7) 1 – Сосновское; 2 – Тополя-1; 3 – Архангельское 2; 4 – Вядь; 5 – Излучина; 6 – Архангельское-3

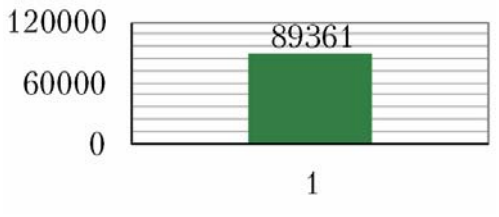


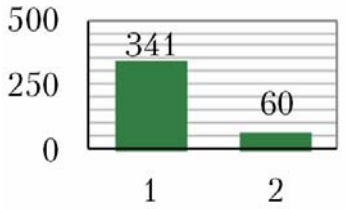
8) 1 – Ломовское; 2 – Большие хутора; 3 – Ендашевское; 4 – Новый Шуструй; 5 – Муравское



9) 1 – Вертуновское; 2 – Аничкинский участок; 3 – Участок Гранки; 4 – Участок Сахзавод

Рис. 2.6. Запас строительных песков по категории C_2 по районам области: 1) Пензенский; 2) Городищенский; 3) Шемышейский; 4) Кузнецкий; 5) Мокшанский; 6) Бековский; 7) Бессоновский; 8) Нижнеломовский; 9) Тамалинский. Значения по вертикальным осям – балансовые запасы, тыс. м^3; по горизонтальным осям – номера месторождений





1) 1 – Юловское 2) 1 – Никольское 3) 1 – с. Старая Толковка; 2 – Краснозерское-2

Рис. 2.7. Запасы прогнозных месторождений строительного песка по районам области: 1) Городищенский; 2) Никольский; 3) Пачелмский. Значения по вертикальным осям – балансовые запасы, тыс. м^3; по горизонтальным осям – номера месторождений

Мощность полезной толщи месторождений и проявлений строительных песков колеблется от 0,5 до 34,9 м. Среднее ее значение по разным месторождениям также изменчивы – от 5,0 до 22,4 м. Мощность вскрышных пород варьируется от 0 до 13,6 м, составляя в среднем от 0,1 до 7,5 м. В песках встречаются прослои алевритов, глин, суглинков, песчаников, желваки фосфоритов, крупные хорошо окатанные зерна кварца, гравий и галька.

Минеральный состав песков представлен следующими компонентами: кварц, полевой шпат, гидросиликаты. По структуре различают тонко- и мелко-, реже среднезернистые, иногда пылеватые, слабоглинистые. Модуль крупности 0,6–2,6. Содержание илистых, глинистых и пылеватых частиц в песках лежит в интервале 0,3–13,3 %.

Объемы добычи строительных песков по основным месторождениям Пензенской области представлен на рис. 2.8–2.10.

К числу крупных месторождений относится Ахунское месторождение песков. Оно расположено в 7–8 км восточнее г. Пензы. Пески признаны пригодными для производства силикатного кирпича. Запасы песка по категориям А+В+C_1 составляют 8 млн. 387 тыс. м^3. Наличие крупнозернистых песков отмечается на водоразделе рек Юловка-Катмисс и дер. Велей и с. Уранка. Запасы песков по всем категориям составляют более 565 млн м^3.

Разработку Пионерского месторождения, расположенного в 8 км к югу от г. Кузнецка в 1,5 км от с. Пионер, ведет Яснополянский завод силикатного кирпича. Балансовые запасы по категориям А+В+C_1 составляют 10 млн 83 тыс.м^3.

Месторождение «Васильевское поле» расположено в Пензенском районе, в 3 км юго-восточнее совхоза им. Энгельса, в 10 км юго-восточнее ж.-д. ст. Рамзай. Лабораторные и полузаводские испытания установили пригодность сырья для получения силикатного кирпича

марок 150–200. Запасы по категориям $A+B+C_1$ составляют 9 млн 435 тыс. м^3.

Разведены и подробно изучены пески поймы и русла р. Суры в районе г. Пензы ниже плотины Пензенской ТЭЦ. Полезная толща – русловые и пойменные средне- и мелкозернистые пески, в различной степени обогащенные гравием. Балансовые запасы по категориям $A+B+C_1$ составили 469 тыс. м^3.

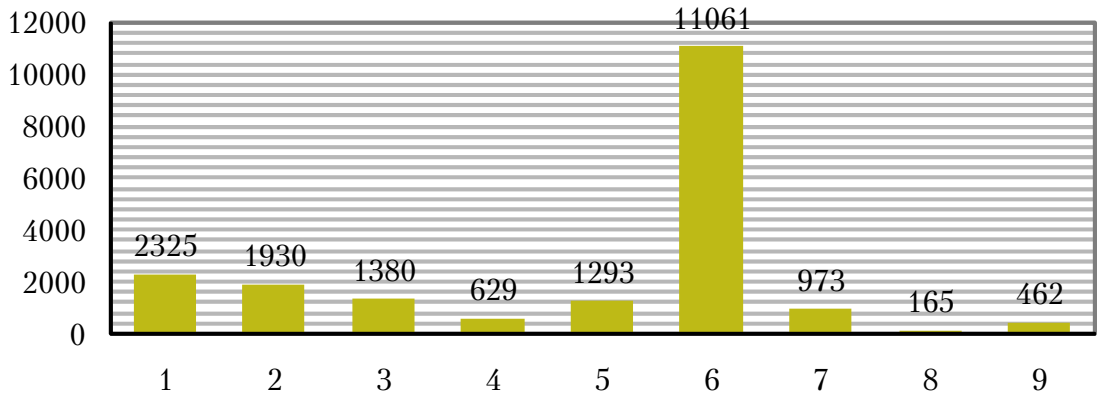


Рис. 2.8. Объемы добычи строительных песков по категориям $A+B+C_1$ по районам области: 1) Городищенский; 2) Каменский; 3) Пензенский; 4) Кузнецкий; 5) Сердобский; 6) Бессоновский; 7) Колышлейский; 8) Наровчатский; 9) Никольский.
Значения по вертикальным осям – балансовые запасы, тыс. м^3; по горизонтальным осям – номера месторождений

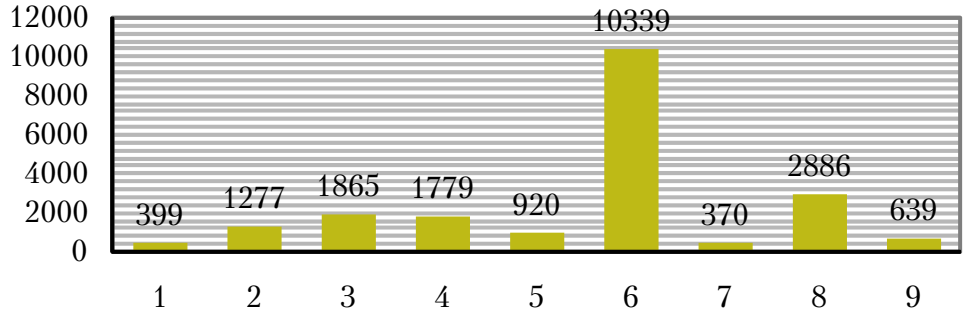


Рис. 2.9. Объемы добычи строительных песков по категории C_2 по районам области: 1) Нижнеломовский; 2) Бессоновский; 3) Пензенский; 4) Кузнецкий; 5) Мокшанский; 6) Бековский; 7) Городищенский; 8) Тамалинский; 9) Шемышейский.
Значения по вертикальным осям – балансовые запасы, тыс. м^3; по горизонтальным осям – номера месторождений

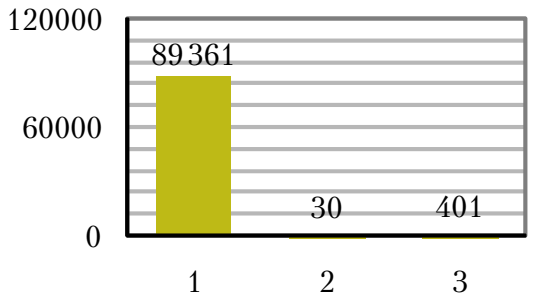


Рис. 2.10. Объемы добычи прогнозных месторождений по районам области: 1) Городищенский; 2) Никольский; 3) Пачелмский

На территории области балансом учитывается одно эксплуатируемое месторождение формовочных песков. Мощность полезной толщи формовочных песков колеблется от 1,6 до 14,7 м (средняя – 5,6–10,0 м), вскрышных пород – от 4 до 23 м.

Запасы формовочных песков по категориям $A+B+C_1$ составляют 21 323 тыс. т и 44 566 тыс. т по категории C_2.

На территории Пензенской области известно единственное месторождение стекольных песков – Ивановское II, расположенное в Восточной ГПЗ. Пески вскрыты в среднем на 4,8 м. Мощность вскрышных пород колеблется от 0,1 до 5,0 м, средняя – 1,9 м. Пески мелкозернистые, преобладающая фракция – 0,1–0,5 мм (95,0–99,7 %). Содержание илистых, глинистых и пылеватых частиц находится в пределах 0,5–2,0 %.

Запасы стекольных песков по категориям $A+B+C_1$ составляют 236 тыс. т.

В р-не с. Чаадаевка разрабатываются формовочные пески. Увеличение объемов строительства настоятельно требует создания собственной базы бетонных песков, для чего необходимо форсирование целевых поисково-разведочных работ.

Область использования строительного песка достаточно широка. Строительный песок повсеместно используется для самых различных целей: его включают в состав разнообразных строительных материалов, намывают участки под строительство, используют в качестве абразива при пескоструйной обработке, возводят с его помощью насыпи, дороги, производят обратную засыпку в жилищном строительстве, применяют при облагораживании территории дворов, включают в состав растворов при кладке, заливке фундамента, замешивании штукатурного раствора, бетона, используют в дорожном строительстве. Переоценить значение

строительного песка для строительной отрасли и народного хозяйства в целом – крайне тяжело.

Строительный песок – важнейший компонент железобетонных изделий, он используется при изготовлении раствора и бетона высокой прочности, а также при изготовлении плитки для тротуаров, бордюров и колец для колодцев (в этом случае используется песок с модулем крупности не менее 2,5. Более мелкие сорта песка включают в состав раствора.

Так же не являются исключением и различные декоративные смеси, которые сейчас повсеместно используются в оформлении частного жилого строительного фонда. И даже такие важные элементы, как покрытия дорог и аэродромов, не обходятся без качественного строительного песка.

Доломиты и известняки залегают на доступных для отработки глубинах только в пределах Иссинского и Лунинского районов Восточной ГПЗ.

В Иссинском районе разведаны и в течение длительного времени эксплуатируются Иссинское и Плетневское месторождения. Протяженность полезной толщи на Иссинском месторождении составляет 3800–5100 м, ширина – 490–516 м. Представлена она тремя пачками суммарной мощностью от 20 до 86 м. Первую из них (верхнюю) образуют 5 пластов известняков и доломитов общей мощностью 18–65, в среднем 36 м. Вторая пачка сложена чистыми известняками, образующими пласт мощностью от 5 до 15 м (средняя – 9 м). Третья пачка, образованная чередующимися слоями известняков и доломитов, варьирует по мощности от 8 до 31 м при среднем ее значении 20 м. Мощность вскрышных пород весьма значительна: при колебаниях от 4 до 51 м в среднем она равна 35 м.

Известняки первой и третьей пачек месторождения микрозернистые, от почти чистых до сильно доломитизированных, органогенно-обломочные, иногда окремнелые, с прослоями, линзами и гнездами доломитовой муки. Во второй пачке известняки органогенно-обломочные, вязкие мелкокристаллические с желваками кремня и прослоями известняковой муки. Доломиты первой и третьей пачек плотные, тонкозернистые, участками окремнелые, с прослоями доломитизированых известняков и доломитовой муки.

Известняки и доломиты первой и третьей пачек оценивались как строительный камень, известняки второй пачки – в качестве сырья для производства извести, суглинки и глины вскрыши – как, соответственно, керамзитовое и кирпичное сырье. Установлено также, что отходы

дробления известняков и доломитов пригодны для производства минерального порошка-заполнителя асфальтобетонов и карбонатного мелиоранта (содержание $CaCO_3$ + $MgCO_3$ >85 %).

Большинство месторождений и проявлений строительного камня в Пензенской области представлены преимущественно песчаниками и лишь в единичных случаях опоками.

На территории Пензенской области балансом запасов строительного камня учтены 19 месторождений (по состоянию на 01.01.2010 г.) с суммарными запасами 111659 тыс. м^3 по категориям А+В+C_1 и 2143 тыс. м^3 по категории C_2. Баланс месторождений песчаников Пензенской области представлен на рис. 2.11. В табл. 2.2 приведены сведения о запасах месторождений песчаников в Пензенской области и направлениях их использования.

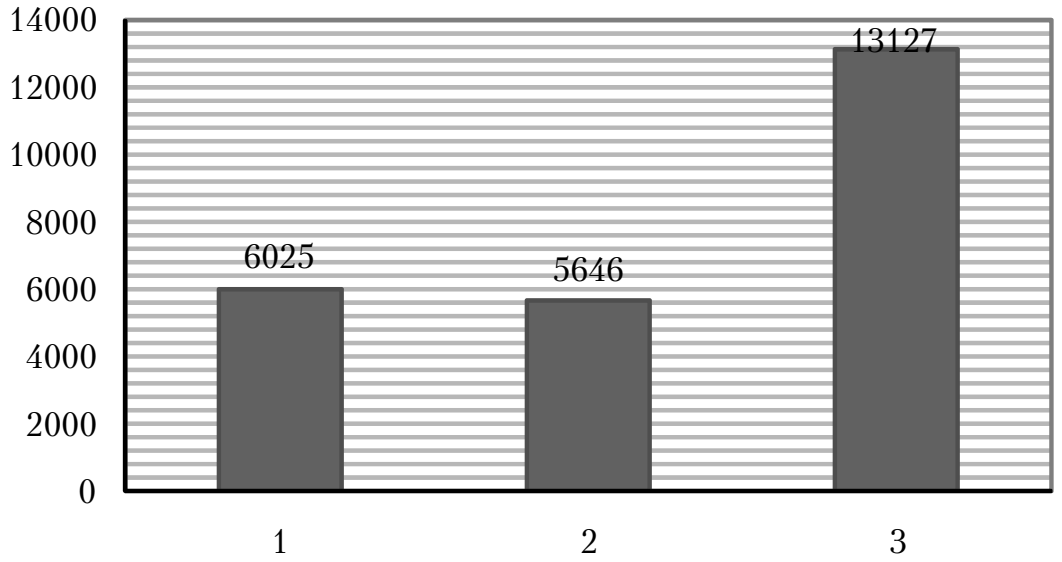
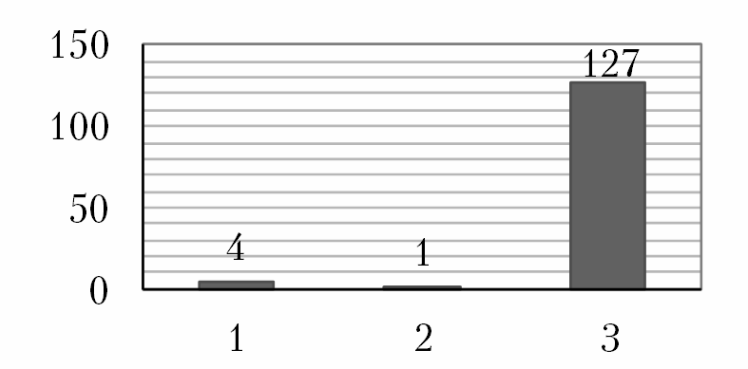


Рис. 2.11. Запасы месторождений песчаников Пензенской области по категориям: 1 – А+В+C_1, 2 – C_2, 3 – прогнозные ресурсы. По вертикальной оси – балансовые запасы, тыс. м^3; по горизонтальной – категории месторождений

На территории Пензенской области известны 3 месторождения диатомитов, расположенные в Восточной ГПЗ. Мощность пластов колеблется от 0,5 до 20,0 м, вскрышных пород от 4 до 10–30 м.

Запасы диатомитов на 01.01.10 г. по категориям А+В+C_1 составляют 6175 тыс. м^3 и 3424 тыс. м^3 по категории C_2. Баланс месторождений диатомитов в Никольском районе и в целом по Пензенской области представлен на рис. 2.12.

а



б

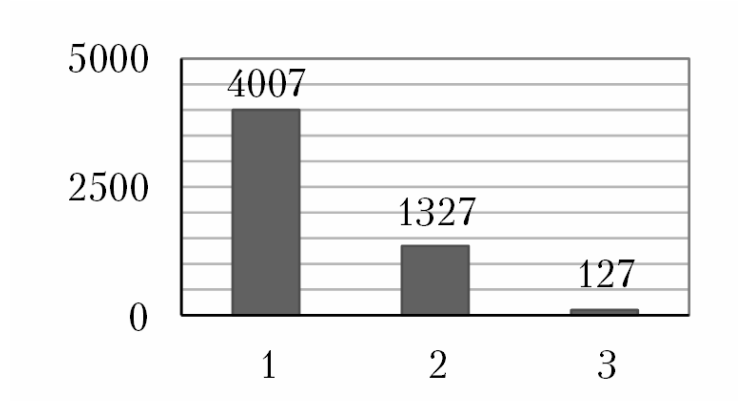


Рис. 2.12. Балансовый запас диатомита по Пензенской области (а) и по Никольскому району (б) по категориям: 1 – А+В+C_1, 2 – C_2, 3 – прогнозные ресурсы. По вертикальной оси – балансовые запасы, тыс. $м^3$, по горизонтальной – категории месторождений

В настоящее время в связи с изменившейся экономической ситуацией и спадом промышленного производства в России назрела необходимость в переоценке существующей минерально-сырьевой базы, а именно строительного песка с целью рационального его использования в промышленности строительных материалов. Расходы на материалы составляют около 40 % от общей стоимости работ, и удешевление их является одним из основных путей снижения затрат в современном строительстве.

Анализ баланса свидетельствует о том, что строительные пески используются не в полной мере. В связи с этим расширение области использования строительного песка является важнейшей народнохозяйственной задачей. Сырьевая база Пензенской области позволяет организовать производство эффективных строительных материалов с использованием в их составе минеральных наполнителей, содержащих в измельченном виде аморфизированную форму кварца.

Таблица 2.2

Запасы месторождений песчаников в Пензенской области и направления их использования

Месторождение	Район	Запасы по категориям		Прогнозные ресурсы, тыс. м^3	Направления использования
		А+В+C_1, тыс. м^3	C_2, тыс. м^3		
1	2	3	4	5	6
Башмаковское	Башмаковский	7,4			Использование в качестве бута и щебня, производство бетона марки 100, строительство автодорог
Участок Юго-Западный Котел	Вадинский		27,3		
Участок Атмисский	Нижнеломовский			400,0	
Мокшанское	Мокшанский	2724,0			
Участок Отводной	Пачелмский			110,9	
Куракинское	Сердобский		937,0		
Байка	Сердобский		89,1	42,6	
Кологривка	Бессоновский			3,5	Производство щебня для автодорог
Уранка	Городищенский		263,8		
Дигилевское	Городищенский	22,2	44,0		
Камешкирское	Камешкирский	363,0	782,0		
Южно-Камешкирское	Камешкирский	135,1			
Холодный	Камешкирский		198,0		
Сюзюмское	Кузнецкий	257,0			
Козляковское	Кузнецкий			713,3	
Липовец	Лопатинский		565,0		
Китунькинское	Лопатинский		16,0		
Каменный овраг	Малосердобинский			8839,0	

Окончание табл. 2.2

1	2	3	4	5	6
Стрелка	Никольский	121,0	19,1		Производство щебня для автодорог
Участок Аншлейско-Ребровский	Никольский			1709,7	
Участок Морозовский	Никольский			519,8	
Козловское	Сосновоборский	771,0	301,0		
Ручимское	Сосновоборский		250,0		
Армиевское	Шемышейский	115,0			
Марьевско-Синодское	Шемышейский	55,0			
Черталейское	Неверкинский		70,0		
Чаисское	Никольский	146,0			Производство бута марок 400 и 800, путевого щебня

2.2. Характеристика сырьевых ресурсов: происхождение, гранулометрический и минералогический составы

Строительные пески. Обычный природный песок – это рыхлая смесь частиц размером, не превышающим 0,10–5 мм. Появляется такая смесь в результате естественного разрушения более крупных твёрдых горных пород на протяжении многих веков. Искусственный песок – смесь раздробленных частиц горных пород, имеющих более остроугольную и шероховатую поверхность в силу искусственного дробления.

Различают несколько видов песка.

Карьерный песок – это песок, добываемый в карьерах или изготавливаемый из гравия и других скальных пород путем дробления. В карьерном песке могут содержаться камни и глина. В основном карьерный песок используется для штукатурных работ, а в отдельных случаях – для обратной засыпки. В тех случаях, когда карьерный песок просеян, т.е. отделены комочки глины, он может применяться для кладки и фундаментных работ.

Речной песок чаще всего используют для строительных нужд, как правило, добывается он в руслах рек. степень очистки его чрезвычайно высока – ведь он промывается естественным образом. Мытый карьерный песок – это песок, который добывается путём карьерной разработки и промывается огромным количеством воды, в результате чего почти вся глина и пыль из него выходят. Его ещё можно назвать «искусственным речным». Используется намывной песок для штукатурки и других работ, где нежелательно присутствие глины. Наиболее эффективно намывной песок применяется в бетонном, кирпичном производстве, а также в дорожном строительстве при сооружении так называемой дорожной одежды. Карьерный крупнозернистый песок, как правило, используется при производстве бетонов и изделий из бетона. Такие изделия, как тротуарная плитка, бордюры, колодезные кольца требуют в своей технологии применения крупнозернистого мытого карьерного песка.

Следующих два вида: карьерный горный песок и карьерный сеяный песок. Первый – природный материал, который добывают путём разработки открытых карьеров. Этот песок изначально имеет высокое содержание глины и прочих примесей. В некоторых месторождениях доля примесей ничтожна мала. Такой песок по техническим характеристикам приближается к мытому карьерному песку. Карьерный сеяный

песок очищен от камней и крупных фракций, применяется для кладки, фундаментных работ и штукатурки. Строительным признаётся тот вид песка, который соответствует ГОСТ 8736–93, то есть это сыпучий материал неорганического происхождения с размером частиц до пяти миллиметров включительно, который образовался путём естественного разрушения горных и скальных пород. Получается этот песок путём разработки песчаных и песчано-гравийных карьеров.

По возрасту строительные пески относятся к юрскому, меловому, третичному и четвертичному периодам. Мощность полезной толщи на месторождениях и проявлениях песков мелового возраста колеблется от 1,5 до 27,8 м. Средние ее значения по разным месторождениям также изменчивы – 5,0–22,4 м. Мощность вскрышных пород варьируется от 0 до 13,6 м и составляет в среднем 7,5 м.

По минеральному составу строительные пески кварцевые (содержание кварца – 95 % с примесью глауконита, ставролита, турмалина, рутила, ильменита, лейкоксена, роговой обманки и лимонита. Химический состав песков характеризуется следующим содержанием основных компонентов (в %): SiO_2 – 96,44–98,96; Al_2O_3 – 0,63–1,63; Fe_2O_3 – 0,10–0,29; TiO_2 – 0,09–0,12; CaO – 0,05–0,10; MgO – 0,11–0,22; Na_2O – 0,02–0,03; K_2O – до 0,23; п.п.п. – 0,20–0,72.

Минералогический состав формовочных песков представлен кварцем – 95–96 %, примесей полевых шпатов и глауконита – до 2 %.

В качестве критерия оценки формы зерен предлагается использовать показатель сферичности (SPHT-Yandex), определяемый из соотношения измеренного периметра частицы и расчетного периметра окружности, площадь которой равновелика площади рассматриваемой частицы.

Индекс сферичности рассчитывается по формуле

$$\mathrm{SPHT} = \frac{u}{2\sqrt{\pi A}},$$

где A – площадь проекции частицы;

u – периметр проекции частицы.

Форма зерен заполнителя оказывает влияние на такие свойства растворных смесей и растворов, как подвижность, реологические свойства, расслаиваемость, воздухововлечение, когезионная прочность растворов, усадочные деформации, прочность сцепления с основаниями, водонепроницаемость, устойчивость к агрессивным воздействиям и др.

Известно положительное влияние микронаполнителей с пластинчатой формой частиц на повышение водонепроницаемости гидроизо-

ляционных растворов. Форма частиц песка влияет на степень воздухововлечения. Так, например, округлые зерна создают более благоприятные условия для воздухововлечения, чем остроугловые, при этом главным фактором, влияющим на воздухововлечение, являются частицы заполнителя размером от 0,15 до 0,6 мм.

Шероховатость и пористость поверхности заполнителя в значительной мере определяет сцепление материала с цементным камнем. При максимальном развитии рельефа поверхности частиц заполнителя и шероховатой его поверхности прочность сцепления цементного камня с заполнителем может возрасти до четырех крат.

Удельная поверхность песка в соответствии с ГОСТ29234. определяется по газопроницаемости. Теоретическая удельная поверхность определяется из выражения:

$$S_m = \frac{6}{\rho}\sum_{i=n}^{i=1}\frac{X_i}{D_i},$$

где D – теоретическая плотность зерен кварцевого песка – 2650 кг/м^3;

X_i – доля песка на (i) сите от общей массы песка, взятой для определения гранулометрического состава.

D_i – средний диаметр зерен одной фракции, м;

$$D_i = \frac{D_n + D_n + 1}{2};$$

здесь D_n – размер ячейки сита, через которое прошла фракция песка, м;

D_n+1 – размер ячейки сита, на котором фракция песка осталась, м.

В зарубежной технической литературе в качестве характеристик формы зерен используется фактор Хейвуда (Heywoodfaktor), определяемый как отношение измеренной удельной поверхности к удельной поверхности, рассчитанной, исходя из представлений об эквивалентном диаметре частиц в виде правильных сфер. Такая оценка соответствует описанному выше коэффициенту угловатости. Коэффициент угловатости $K_{\text{уг}}$ для реальных песков, всегда >1 [111, 120].

Для оценки формы зерен предлагается параметр сферичности Сферичность по Вейделлу (Wedell) определяется как отношение суммарной поверхности частиц равновеликого реальным частицам объема к фактической поверхности частиц. В соответствии с немецким стандартом DIN 66141 фактор формы определятся как величина, обратная сферичности.

В табл. 2.3 приведены данные о факторе формы частиц, определенные по DIN 66141. Удельная поверхность при этом оценивалась методом Блейна.

Таблица 2.3

Характеристика формы частиц некоторых тонкодисперсных материалов

Наименование материала	Форма частиц	Шероховатость поверхности	Коэффициент формы расчета
Цемент	угловатая	шероховатая	1,50–1,80
Каменная мука	угловатая	шероховатая	1,22–1,89
Зола-унос	округлая	гладкая до пористой	1,10–1,35
Песок из молотого доменного шлака	очень угловатая	гладкая	1,18–1,65
Метакаолин	пластинчатая	слоистая, шероховатая	2,81–3,08

Чем выше значение коэффициента формы, тем более развитую поверхность, по сравнению с идеальной сферой, имеют частицы.

Качество мелкого заполнителя и наполнителя для сухих строительных смесей на современном уровне материаловедения базируется на определении трех основных факторов: гранулометрического состава, формы зерен и оценке шероховатости их поверхности, с учетом минералого-петрографического состава и содержания в материалах вредных примесей.

Необходимость в точном определении содержания в смесях функциональных добавок диктуется как стремлением обеспечения высокого уровня технологических и строительно-технических свойств растворных смесей и растворов, так и определяющим их влиянием на стоимость продукции.

В последнее время в технической литературе уже рассматривались вопросы выбора гранулометрического состава заполнителя для сухих строительных смесей, однако характеристики формы зерен и поверхностей легкого заполнителя для строительных растворов в отечественной литературе уделено крайне малое внимание.

Характер формы и шероховатость поверхности зерен имеют определяющее значение для реологии дисперсных систем, и в ряде не строительных технических областей имеется достаточно обширная информация по этому вопросу. В частности, в таких отраслях как ли-

тейное дело, грунтоведение, технология керамобетонов и огнеупорных бетонов, и др. Так, например, в литейном производстве действуют стандарты на методы определения среднего размера зерна и коэффициента однородности (ГОСТ 29234) формы зерен песка (ГОСТ 29234).

ГОСТ 29234 для оценки формы частиц песка предлагает пользоваться такой характеристикой, как коэффициент угловатости ($K_{уг}$), определяемый из выражения

$$K_{уг} = \frac{S_{факт}}{S_t},$$

где $S_{факт}$ – фактическая удельная поверхность, м^2/кг;
S_t – теоретическая удельная поверхность, м^2/кг.

Форма зерен влияет также и на усадку растворов. Остроугольные зерна вызывают большую усадку, чем округлые.

Природный мелкий заполнитель – песок – чаще всего состоит из зерен кварца – минерала, не обладающего спайностью и при раскалывании образующего раковистые неровные поверхности. В зависимости от условий формирования месторождений, поверхность зерен кварца может быть гладкой (окатанной), матовой (полуокатанной, с большим количеством мелких углублений на поверхности), ямчатой (полуокатанной, с относительно крупными глубокими, неправильными углублениями – кавернами), раковистой (поверхности свежего скола) и граненой (поверхности естественных граней монокристаллов). Характер поверхности имеет определяющее значение для смачивания частиц заполнителя цементно-полимерной дисперсией. При низких значениях краевого угла смачивания жидкость более эффективно заполняет дефекты поверхности и более энергично вытесняет воздух из контактных зон. В ранее выполненных исследованиях было показано, что введение в состав растворных смесей 1 % полимера повышает величину когезии цементного камня на 25–30 %, а величину адгезии цементно-полимерного раствора к полированной поверхности кварца увеличивает в 1,5–2 раза [28]. Методы оценки шероховатости поверхности зерен заполнителя достаточно подробно описаны в монографии Д. Орчарда [119].

В случаях, когда к растворам предъявляются повышенные требования в отношении таких свойств, как максимальная прочность при изгибе (ремонтные составы, стяжки для полов и др.), высокая водонепроницаемость (гидроизоляционные растворы), повышенная долговечность в условиях газовой и солевой агрессии и т.п. при выборе заполнителя необходимо оптимизировать его качество не только с позиций

гранулометрии, но и с учетом формы частиц и характеристики их поверхности.

Песчаники. Мощность отдельных пластов и линз песчаников колеблется от 0,1 до 2,7 м, полезной толще в целом – от 0,3 до 17,0 м, составляя в среднем по разным месторождениям и проявлениям от 0,3 до 7,0 м. Мощность вскрышных пород изменяется от 0,2 до 17,0 м. Средние ее значения по разным месторождениям колеблются от 0,5 до 7,9 м.

Песчаники преимущественно мелкозернистые, иногда тонко-, средне-, крупно- и разнозернистые, обычно глауконит-кварцевые (содержание кварца 50–85 %, глауконита 5–35 %, полевых шпатов – до 5–15 %), реже кварц-глауконитовые или кварцевые. Некоторые песчаники имеют опоковидный облик. Местами в песчаниках, в основном по трещинам, наблюдается ожелезнение. По прочности песчаники неоднородны – от слабых до крепких, местами рыхлые.

Диатомиты. Диатомиты – рыхлые горные породы, состоящие в основном из скоплений микроскопических панцирей диатомовых водорослей и содержащие 70–98 % кремнезема в аморфном состоянии, их плотность менее 1 г/см^3; трепелы – рыхлые горные породы, состоящие из микроскопических, преимущественно округлых зерен размером 0,001–0,012 мм и содержащие 70–95 % кремнезема в аморфном состоянии, плотность изменяется в значительных пределах – 1,0–2,0 г/см^3; опоки – пористые породы, состоящие в основном из аморфного кремнезема тонкозернистого строения; их плотность составляет 1,2–2 г/см^3.

Химический состав диатомитов характеризуется следующим соотношением основных компонентов (в %): SiO_2 – 75,96–79,88; Al_2O_3 – 1,65–8,85; Fe_2O_3 – 3,60–7,40; п.п.п. – 8,48–11,84.

3. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЕСКОВ

Зерновой состав измельченной фракции строительного песка находится в пределах 0,1–0,6 мм. Удельная поверхность таких песков не превышает 400 см^2/г. Актуальность использования измельченных строительных песков, песчаников и диатомитов обусловлена присутствием в их составе преобладающего количества кварца, значительно активизирующего свои свойства при помоле, что способствует возрастанию поверхностной энергии и увеличению реакционно-химической активности дисперсных частиц кварца. Применение измельченного кварца в смеси с цементом способствует значительному повышению водоредуцирующего действия суперпластификаторов. Клинкерный цемент при затворении его водой образует суперколлоидные частицы, слабо поддающиеся диспергированию суперпластификаторами. В то же время, частицы горных пород независимо от диаметра, не видоизменяются в воде в течение длительного времени. Поэтому добавлением к цементу измельченного кварцевого песка позволяет увеличить реологическое воздействие суперпластификатора. Благодаря высокой водоредуцирующей эффективности суперпластификатора в тонких прослойках воды интенсивно протекают реакции гидратации, гидролиз минералов цементного клинкера, взаимодействие гидролизной извести (портландита) с тончайшими частицами кварцевого песка с образованием тоберморитоподобной фазы и ксонотлита. Указанное обеспечивает возможность использования измельченных строительных песков, содержащих активную форму аморфизированного SiO_2, в качестве дисперсных наполнителей цементных композиций [5, 6, 8, 28, 30].

Присутствие в тонких песках преобладающего количества кварца, значительно активизирующего свои свойства при помоле, способствует увеличению реакционно-химической активности дисперсных частиц кварца. Ниже в качестве примера представлен минералогический состав строительного песка Сурского месторождения (рис. 3.1), который исходя из рентгенофазового анализа представлен, в основном, кварцем (рефлексы 4,2893Å, 3,670Å, 2,4580Å и др.) с незначительным содержанием слюды и полевых шпатов [81].

Техническая целесообразность замены клинкерной составляющей цемента на измельченные природные строительные пески подтверждена выполненным рентгенофазовым анализом.

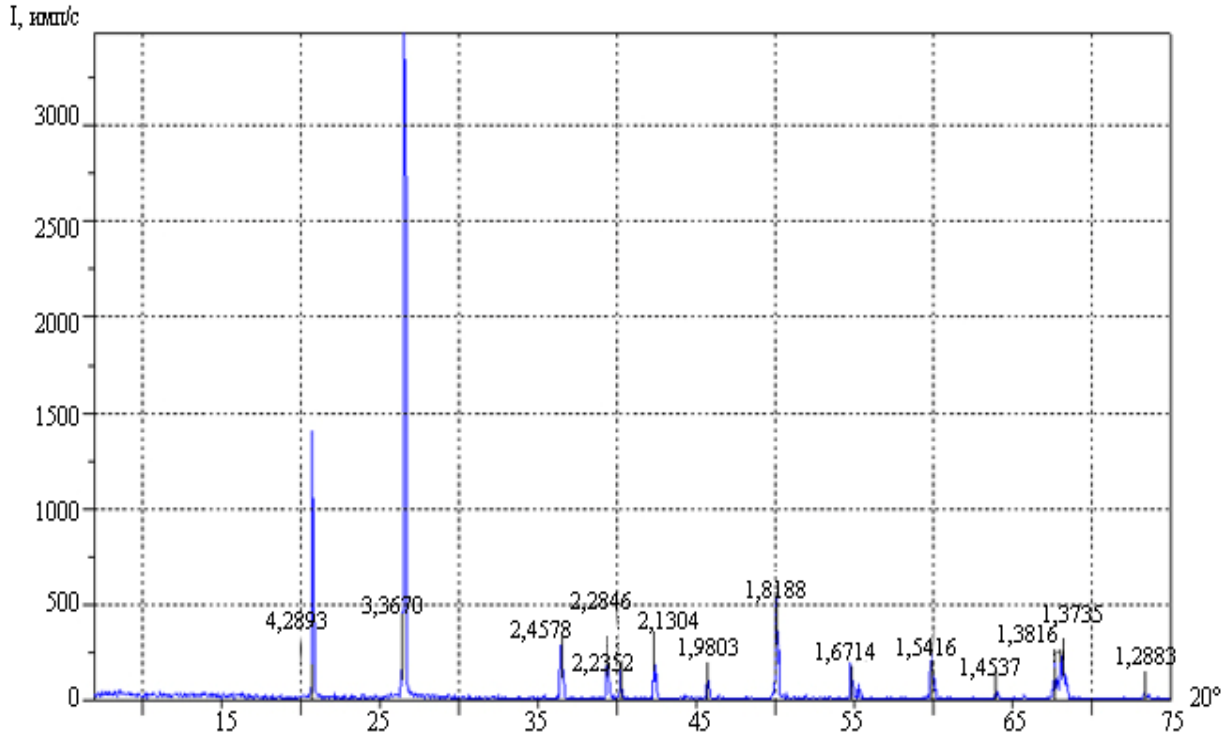


Рис. 3.1. Рентгенограмма строительного песка

Формирование структуры цементных композиций, модифицированных добавками измельченных песков, обусловлено присутствием гидросиликатов кальция вида $C_5S_6H_3$ – 3,0379 Å; 2,7910 Å; 1,9309 Å; $C_3S_2H_3$ – 2,7642 Å; 2,1920 Å и $C_5S_6H_3$ – 3,0377 Å; 2,7883 Å; 1,9265 Å; $C_3S_2H_3$ – 2,7556 Å; 2,4543 Å; 2,1918 Å. Для цементного камня без добавок характерно присутствие портландита $Ca(OH)_2$ – 4,9433Å; 2,6383Å, формируются тоберморитоподобные фазы $xCaO{\cdot}ySiO_2{\cdot}zH_2O$: характерные рефлексы $C_5S_6H_3$ – 3,0469Å; 2,7913Å; 1,9312Å, $C_3S_2H_3$ – 2,7565 Å; 2,6558 Å; 2,1979 Å.

Исходя из этических принципов глобальности экологии и ее управляющей функции над всеми видами производств необходимо наиболее рационально использовать материалоемкие и энергоемкие клинкерные цементы, сокращать объемы углекислотных и тепловых выбросов. При производстве 1 т цемента образуется не менее 0,81 т углекислого газа от диссоциации карбонатного сырья и сжигания топлива при обжиге клинкера. Очевидно, что в технологии производства цемента, как наиболее энергопотребляемого материала, необходимы преобразования, позволяющие снизить выбросы углекислого газа в атмосферу. По ориентировочным расчетам замена до 30 % клинкера измельченными наполнителями, в том числе на основе строительного песка, позволяет снизить выбросы CO_2 в атмосферу на 40–50 % [14, 15].

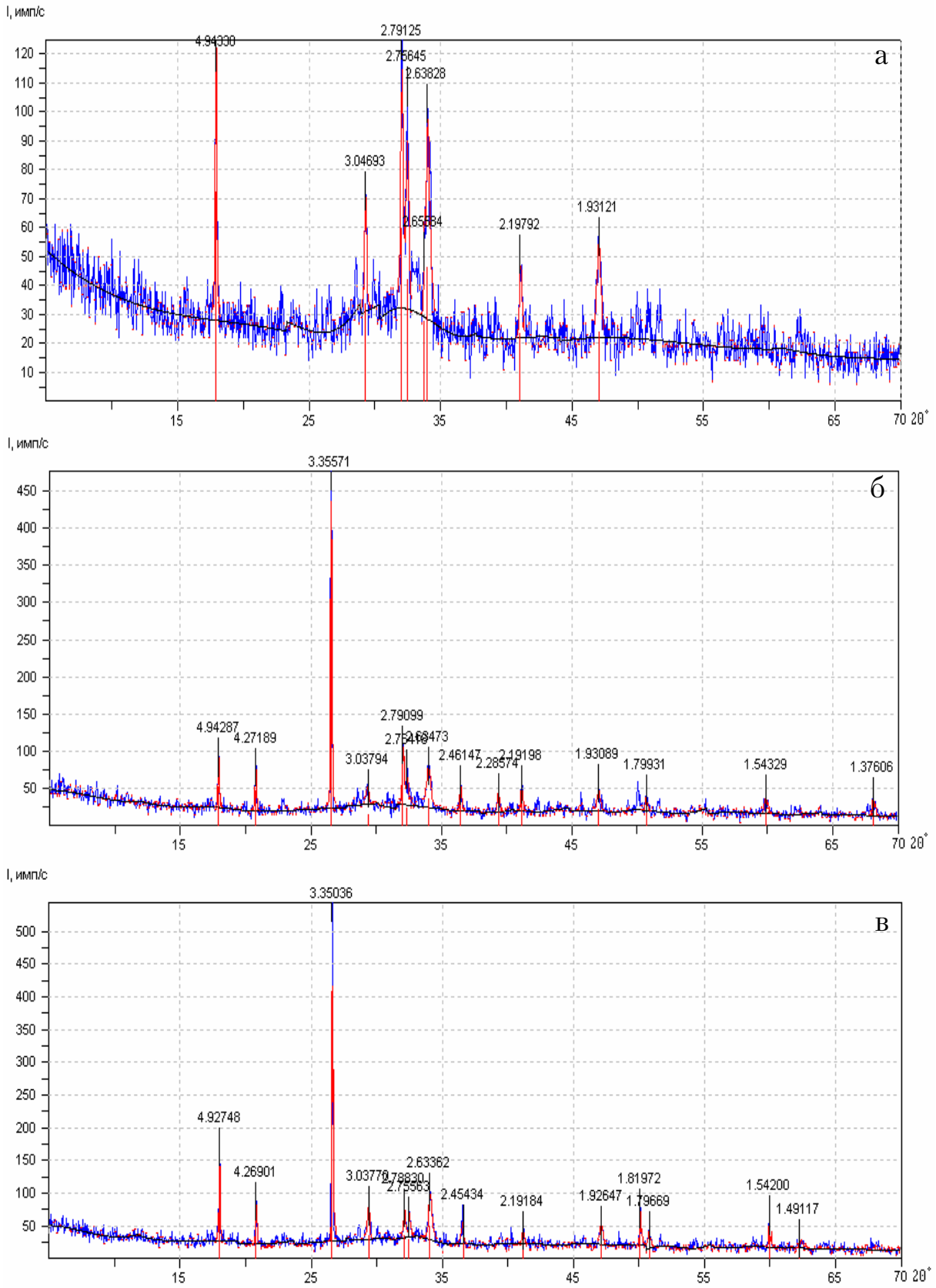


Рис. 3.2. Рентгенограммы гидратированного цемента:
а –цементный камень без добавок; б – то же с добавкой микрокварца;
в – то же измельченного строительного песка

Использование измельченных дисперсных наполнителей в цементных композициях, с одной стороны, улучшает экологическую обстановку, а с другой – позволяет сберечь для будущих поколений запасы природных ресурсов, особенно не возобновляемых, предотвратить разрушение природных ландшафтов, обладающих естественным саморазвитием. Получаемый экономический эффект от создания ресурсо- и энергоемких композиционных строительных материалов достигает свыше 500 руб/м^3. С введением Киотского протокола, замена части цемента дисперсными наполнителями, уменьшение объемов производства цемента, способствует снижению выбросов углекислого газа в атмосферу, а также расширению сырьевой базы эффективных модификаторов сухих строительных смесей и мелкозернистого бетона.

4. РАСШИРЕНИЕ ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЕСКОВ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Как показано ранее, необходимость рационального природопользования при осуществлении хозяйственной деятельности в сфере добычи полезных ископаемых требует внедрения эффективных строительных материалов с использованием местных сырьевых ресурсов и отходов. В регионах РФ в зависимости от вида карьера добычи, имеющих значительные запасы природных песков известно использование каменной муки на их основе [51–55].

Создание и увеличение объемов выпуска местных строительных материалов, в том числе сухих строительных смесей и мелкозернистых бетонов нового поколения, сдерживается отсутствием сырьевой базы высококачественных природных песков. В то же время, природные пески в силу специфики генезиса, обладают значительным запасом свободной внутренней энергии за счет искажения кристаллической решетки, повышения ее дефектности или полного разрушения при помоле с переходом из кристаллического в псевдоаморфное состояние [5, 30]. Все это позволяет рассматривать природные пески как минеральное сырье при производстве строительных материалов. Применение природных песков в качестве кремнеземистых добавок и заполнителей бетонов имеет свои особенности [81].

Строительные пески месторождений Пензенской области, в основном, относятся к мелкозернистым. Ограниченная область использования природных песков с низким модулем крупности – 1,5...1,8, требует расширения области их применения. Объемы добычи строительных песков составляют свыше 500 млн м^3. Из них для строительной индустрии используется не более 50 % (сухие строительные смеси, бетоны, силикатные материалы и пр.) [77].

Строительные пески с малым модулем крупности в основном используются для производства кладочных, штукатурных, отделочных растворов и лишь незначительная их часть для получения бетонов различного функционального назначения. Так, например, по данным ООО «Термодом» ежегодный объем выпускаемой продукции с использованием строительного песка достигает:

– при производстве сухих строительных смесей – не более 25000 куб.м;

– при производстве железобетона – не более 50000 куб.м.

Низкая востребованность мелких природных песков при производстве железобетонных изделий требует расширения области их применения. В связи с высокой стоимостью промышленного микрокварца замена его измельченными тонкими строительными песками является актуальной задачей как с экологической, так и экономической точек зрения [13, 54].

4.1. Производство композиционного вяжущего

В соответствие с Европейским стандартом рассматривается группа композиционных вяжущих с расходом клинкера не более 35 %. Поэтому предложена следующая схема производства композиционного вяжущего (рис. 4.1).

Первоначально кварцевый песок пропускается через грохот с целью отделения фракции свыше 5 мм, далее транспортируется на классификацию, фр. 0,16...0,63 мм отгружается в силосный склад, фр. 0,63...5 мм отправляется на помол. Технологический процесс помола предусматривает измельчение строительного песка до удельной поверхности не менее 400 $м^2$/кг. Для помола с одновременной сушкой можно использовать струйную мельницу. Продолжительность помола зависит от твердости песка и требуемой удельной поверхности. Минимальное время помола в цементной лабораторной мельнице для определения размалываемости до удельной поверхности 360–400 м▫/кг не превышает 1,5–2,0 ч [28]. Из получаемого смешанного композиционного вяжущего могут быть получены сухие строительные смеси и порошковые щебеночные и песчаные бетоны, в том числе дисперсно-армированные, различной прочности.

Для производства сухих строительных смесей (ССС) применяют предварительно высушенный в печах песок. Сухой строительный песок также применяется во всех видах отделочных работ. При производстве краски, шпатлевки при наружных отделочных работах нередко используется кварцевый песок, изготовляемый измельчением природного кварца. Трудоемкость отделочных работ составляет 35–40 % трудовых затрат, используемых для возведения зданий и сооружений. Поэтому совершенствованию этого вида строительных работ, освоению новых отделочных материалов должно уделяться пристальное внимание.

Сегодня уже невозможно представить себе как новое строительство, так и реконструкцию или ремонт зданий без использования модифицированных сухих смесей. Их преимущества перед традиционными растворными смесями неоспоримы [28].

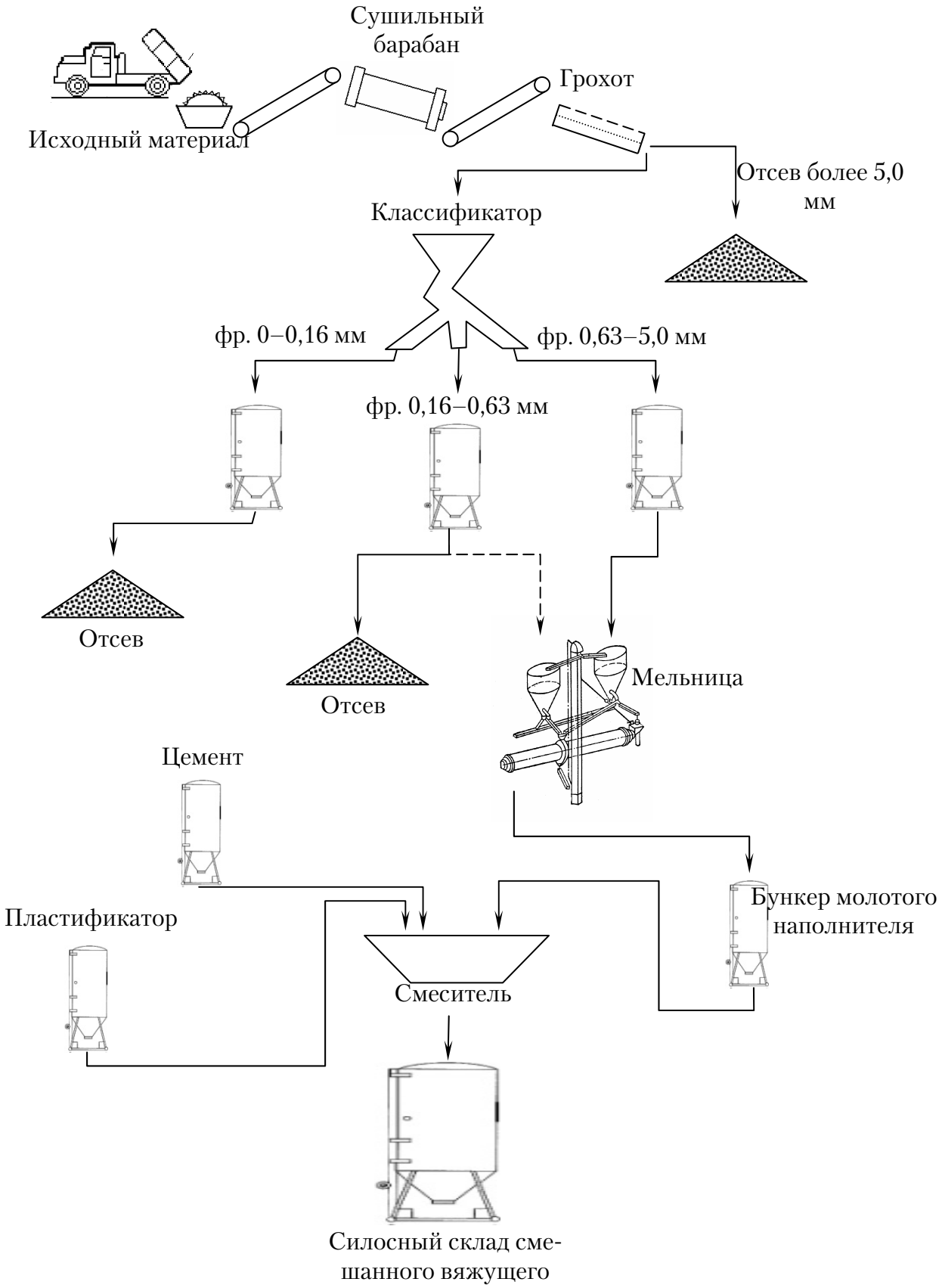


Рис. 4.1. Технологическая схема получения смешанного вяжущего

4.2. Производство сухих строительных смесей

Сушка и обогащение песка являются одной из важнейших технологических операций при приготовлении сухих строительных смесей. Исходный песок может поступать на производство с влажностью до 12 % и содержать в качестве примесей глинистые, пылеватые частицы и крупнозернистые включения. К обогащенному песку предъявляются особые требования. Он должен быть сухим, без посторонних примесей (глинистых, пылеватых), иметь определенный гранулометрический состав и др. Например, для песка, используемого в ССС, необходимо учитывать влажность и температуру песка. Указанные показатели должны быть: влажность – не более – 0,5 %, температура – не более 50 °С, в противном случае сушилка должна быть обеспечена холодильником для охлаждения песка. Так как при производстве ССС предъявляются жесткие требования к фракционному составу песка, сушилки необходимо оборудовать системой барабанных сит или использовать вибрационный грохот. ССС, используемые для отделочных работ, как правило, имеют низкую прочность.

В связи с этим основным этапом производства сухих строительных смесей на основе местных сырьевых ресурсов является получение смешанного низкомарочного вяжущего. Вторым этапом является приготовление сухой смеси, ее упаковка и отгрузка потребителю [28].

Производство и применение низкомарочного вяжущего является перспективным и рентабельным по нескольким причинам. С одной стороны, это вяжущее ориентировано на местные ресурсы и побочные продукты нерудной промышленности и поэтому значительно дешевле серийно выпускаемых цементов, с другой стороны – использование в составе смешанного вяжущего тонкомолотых минеральных наполнителей улучшает ряд технологических свойств сухих смесей.

В состав технологической линии получения сухих строительных смесей входят следующие основные модули:

– модуль приема, подачи и хранения заполнителей;

– модуль сушки и фракционирования заполнителей;

– технологический модуль помола;

– смесительный модуль, имеющий в своем составе линию дозирования и перемешивания составляющих компонентов сухой смеси, в том числе многофункциональных химических добавок;

– модуль упаковки и выдачи готовой сухой смеси.

Процесс приготовления сухих смесей заключается в совместном смешивании отдозированных компонентов в смесительном модуле.

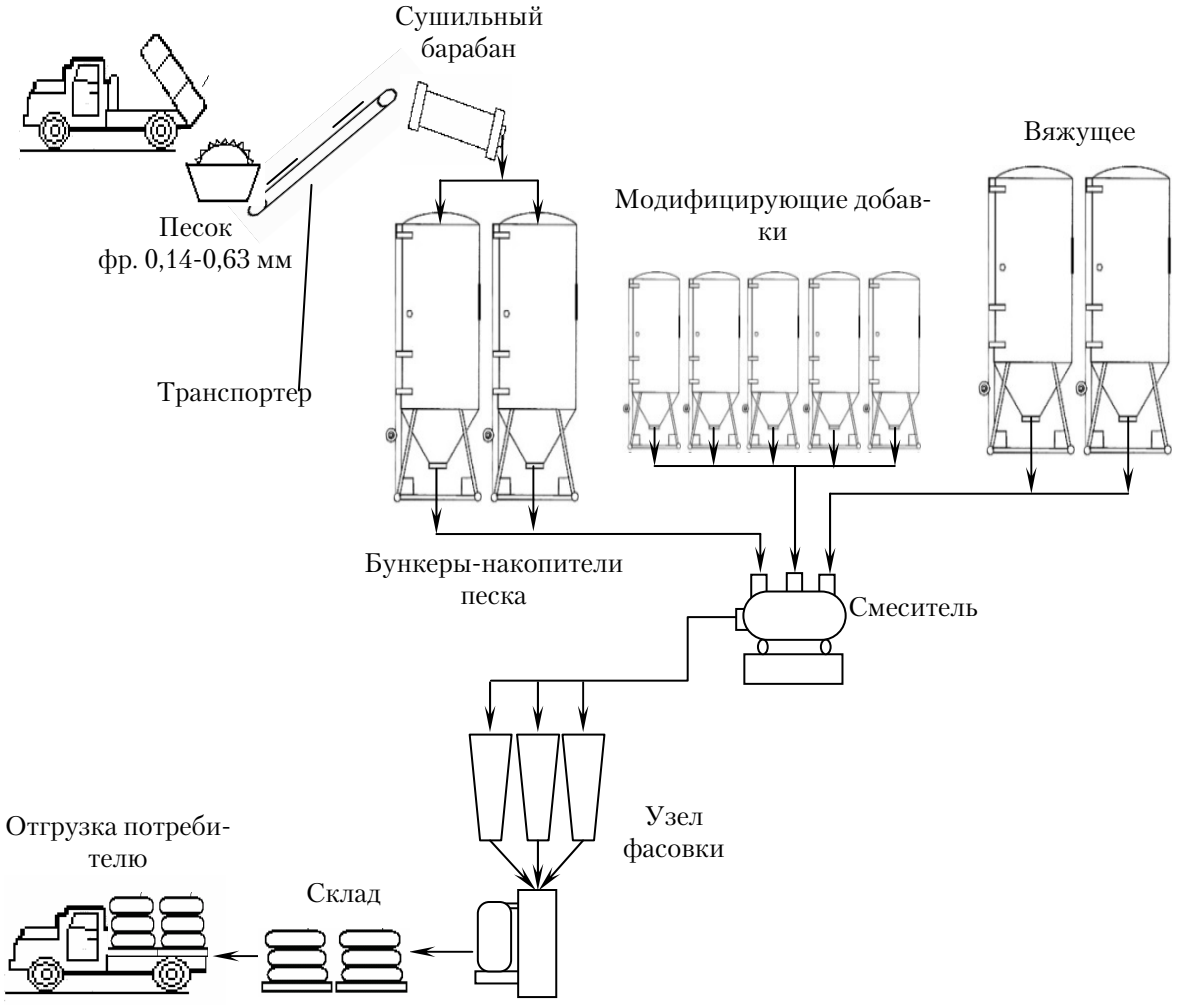


Рис. 4.2. Технологическая схема получения сухих строительных смесей

Для смешивания компонентов возможно применение смесителей как циклического, так и непрерывного типа (гравитационного и принудительного действия).

Введение сухих порошкообразных добавок возможно как в процессе помола в шаровой мельнице, так и на стадии перемешивания сухой смеси в смесителе.

Из смесительного модуля готовая смесь поступает в модуль упаковки и выдачи, где предусматриваются ее дозирование по 20–40 кг и расфасовка в многослойные гидрофобизированные бумажные мешки, с последующей зашивкой горловины мешков. Транспортером упакованные мешки отправляются на склад готовой продукции.

При хранении и транспортировании сухая смесь должна быть защищена от воздействия влаги. В связи с тем, что для порошкообразных материалов характерно слеживание, которое резко усиливается с повышением температуры, влажности воздуха, давления, сухую смесь следует хранить в закрытых складских помещениях, исключающих по-

падание прямых солнечных лучей и влаги при положительной температуре не выше 35 °С. Срок хранения сухой смеси 6 месяцев со дня изготовления.

На строительной площадке сухую смесь затворяют необходимым количеством воды, соответствующим получению строительного раствора заданной удобоукладываемости и тщательно перемешивают в течение 2–3 мин. С водой затворения могут вводиться и химические добавки.

Приготовленные сухие смеси имеют плотность 900–1450 кг/м^3, а при затворении водой из 1 т сухой смеси получают 0,6–0,8 м^3 раствора [28].

В настоящее время, производство сухих строительных смесей реализуется по двум направлениям:

– при строительстве новых современных мини-заводов;

– путем реконструкции существующих заводов ЖБИ, что немаловажно для возрождения строительной индустрии.

Технологический процесс получения ССС на мини-заводах. Сухие строительные смеси производят более 600 заводов, и число их ежегодно увеличивается. Так, например, завод «CONSOLIT» в г. Подольске по производству сухих смесей реализован как современное высокотехнологичное производство, ориентированное на удовлетворение ожиданий покупателей в секторе продукции средней и высшей ценовой категорий и, отвечающей высоким стандартам качества. Мощность завода составляет 15 т/ч высококачественных модифицированных смесей, что при работе в две смены соответствует годовому объему производства в размере 60 тыс.т.

Мини-завод оснащен системой автоматического управления с применением тензометрического дозировочного оборудования, микропроцессорной аппаратуры с выводом полной информации о работе оборудования. Система автоматического управления предусматривает выдачу отпечатанного паспорта на каждый замес приготовленной смеси с указанием рецептуры, а также показатель учёта расхода компонентов и выданной смеси. Технологическая схема мини-завода сухих смесей представлена на рис. 4.3.

В состав мини-завода входят: смесительный блок; блок бункеров; блок рассева; сушильный блок; блок воздухоочистки, а также внеблочное оборудование – склады, узел загрузки, КИП и автоматика.

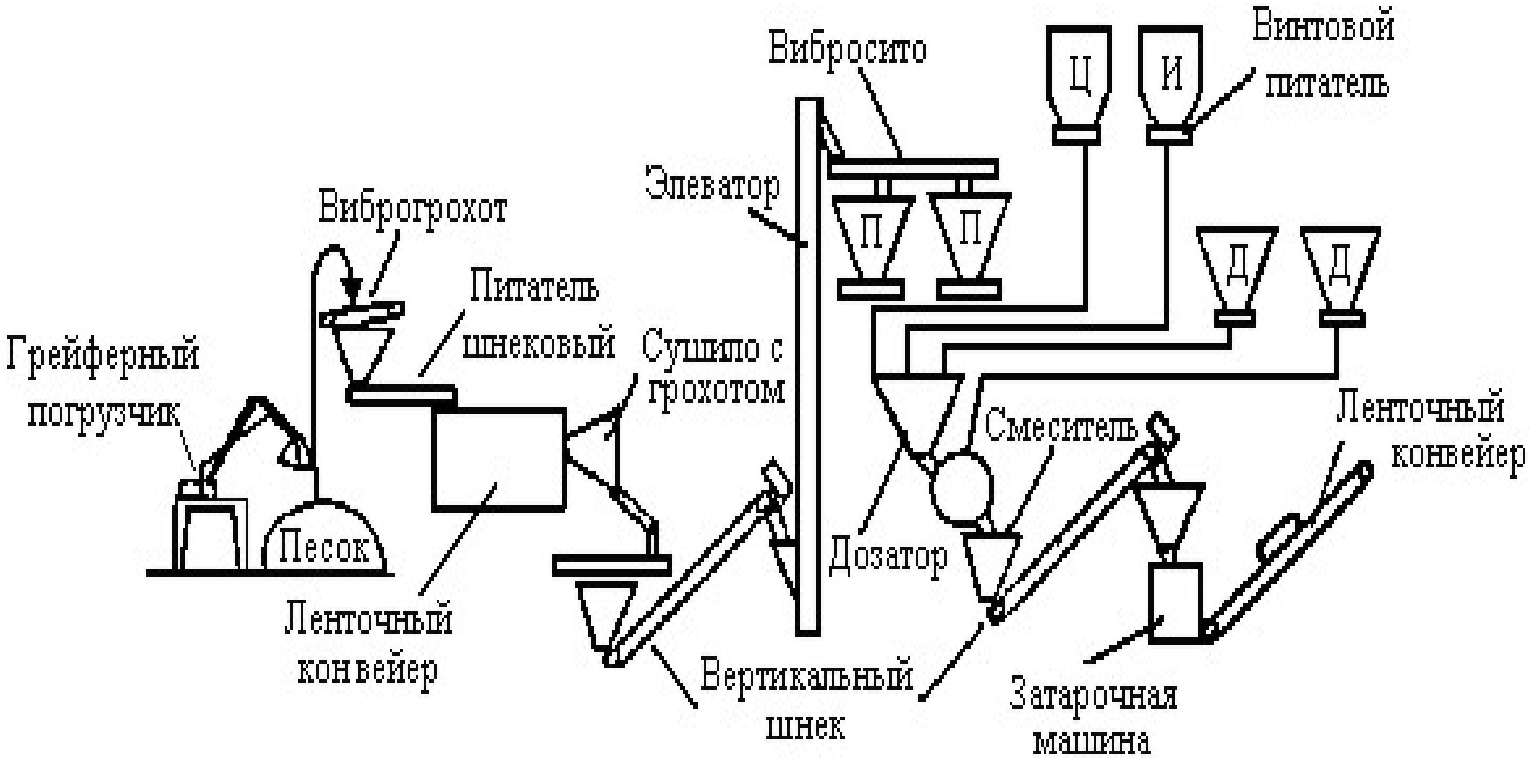


Рис. 4.3. Технологическая схема мини-завода сухих смесей

Внеблочное оборудование Силосный склад.

Силосный склад предназначен для хранения минеральных вяжущих веществ и заполнителей. Суммарный объем склада составляет 360 м^3. Все силосы заполняются пневматически. В качестве основного вида транспорта используется автоцистерны. Так, например, для доставки сухого песка используются автоцистерны с конусной разгрузкой или оснащенные механизмом подъема.

Силосы оборудованы напорным рукавным фильтром. Напорный рукавный фильтр предназначен для очистки транспортирующего воздуха от пыли. Степень очистки воздуха соответствует современным требованиям по охране окружающей среды, содержание в очищенном воздухе пылевидных частиц не превышает 50 мг/м^3. На рис. 4.4 представлен напорный рукавный фильтр.

С целью обеспечения надежной выгрузки любых сырьевых компонентов, коническая часть силосов оборудована системой аэрации. Давление подаваемого на аэрацию воздуха в каждом силосе регулируется автономно, а подача воздуха производится только в момент выгрузки продукта из данного силоса. Запас сырьевых компонентов в силосах определяется расчетным путем: информация о пополнении запасов вводится в компьютер на основании транспортных накладных. Число силосов зависит от количества доступных для использования компонентов, а ассортимент продукции определяется потребностями рынка. Ниже приведено возможное распределение сырьевых компонентов в силосах:

силос 1 – портландцемент;

силос 2 – наполнитель;

силос 3,4,5,6 – песок различных фракций.

Рис. 4.4. Напорный рукавный фильтр

Уменьшение числа силосов повлечет за собой существенное ограничение возможностей, увеличение – обеспечит удобство в работе, но потребует дополнительных затрат.

Дозирование основных компонентов. Для взвешивания основных компонентов служат бункерные весы (рис. 4.5). Гарантируемая погрешность весоизмерительной системы не превышает 1 кг, фактические отклонения при дозировании укладываются в интервал до 4 кг. Цикл дозирования каждого компонента включает три стадии: подача с высокой скоростью, подача с низкой скоростью, пауза для успокоения и проверки фактической массы. С целью обеспечения надежной разгрузки тонкодисперсных компонентов коническую часть силосов оборудуют системой аэрации (рис. 4.6). Для прерывания подачи продукта на весы в конце цикла дозирования используют дисковые затворы с пневмоприводами. Для поочередной подачи взвешенных компонентов от одних весов к двум разным смесителям используют двухходовые распределители, изображенные на рис. 4.7.

Рис. 4.5. Бункерные весы

Рис. 4.6. Аэрация силоса

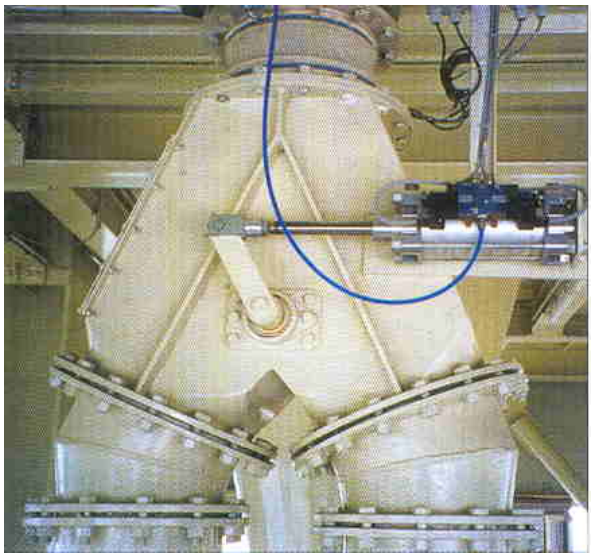


Рис. 4.7. Двухходовой распределитель

Дозирование добавок производится по массе. Возможен автоматический и ручной ввод добавок. Автоматический ввод предусматривает дозирование малых компонентов и порционную пневматическую подачу их в смеситель. Автоматический дозатор добавок показан на рис. 4.8.

Ручной ввод добавок применяют в целях экономии средств. Добавки взвешивают на обычных торговых весах и расфасовывают.

Рис. 4.8. Дозатор добавок

Смешение.

Качество сухой смеси зависит от качества смешения компонентов. Поэтому важным элементом завода является смеситель (рис. 4.9). Предлагаемый смеситель имеет простую надежную конструкцию, обеспечивает получение гомогенных смесей за короткие интервалы времени, равномерное распределение в объеме смеси малых добавок и

позволяет диспергировать любые компоненты, в том числе склонные к слипанию и образованию комков.

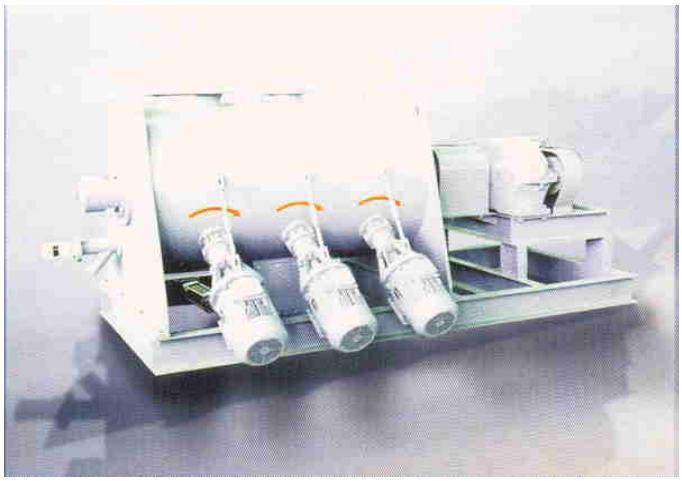


Рис. 4.9. Центрифужный смеситель

Режим смешения характеризуется высокими скоростями сдвига. Лопасти главного вала воздействуют на перемешиваемые компоненты, создавая центробежные силы, в 6–8 раз превышающие силу тяжести. При этом один цикл смешения с загрузкой и выгрузкой занимает от 1,5 до 5 мин. В процессе перемешивания компоненты находятся во взвешенном состоянии и не образуют мертвых зон.

Для разрушения агломератов и диспергирования склонных к слипанию компонентов смеситель, оснащен ножевыми мешалками ударного действия, развивающими скорость до нескольких тысяч оборотов в минуту. Пробы для контроля качества продукции могут отбираться из смесителя в автоматическом режиме на любом этапе с помощью встроенного пробоотборника.

Через разгрузочный клапан готовая смесь поступает в бункер фасовочной машины, предназначенной для упаковки готовой продукции в мешки.

Упаковка, хранение и отгрузка готовой продукции.

Смесь упаковывается в клапанные мешки на двухмодульной фасовочной машине (на рис. 4.10). Скорость упаковки составляет в среднем 600 мешков/ч. Продукция упаковывается в мешки емкостью от 5 до 50 кг, в качестве основного варианта принят 25-килограммовый мешок.

Смесь упаковывается с помощью фасовочной машины с турбинной системой подачи продукта в мешок. Турбинный нагнетатель имеет преимущества при фасовке тонкодисперсных легко аэрирующих продуктов (цемент, наполнитель). В аэрирующем состоянии эти продукты ведут себя подобно жидкости – становятся текучими и приобретают

способность передавать давление. Турбинка подобно водяному насосу накачивает продукт в мешок, который легко заполняется до отказа. При фасовке на турбинной машине неаэрирующихся продуктов (смеси с большим содержанием песка) меняется физическая суть процесса. Лопасти турбинки действуют подобно ковшам роторного экскаватора – захватывают продукт порциями и кидают его в мешок. Как только уровень в мешке достигает клапана, наполнение прекращается.

Рис. 4.10. Фасовочная машина

Наполненные мешки сбрасываются на приемный конвейер и поступают на склад, где два грузчика укладывают их на поддоны с помощью погрузочного конвейера Консоль. Конвейер оснащен механизмом подъема – опускания и поворачивается в горизонтальной плоскости на 180°, что дает возможность загружать поддоны, не прерывая фасовку.

Реконструкция завода ЖБИ для выпуска сухих строительных смесей. При реконструкции заводов ЖБИ для выпуска сухих смесей удается использовать часть имеющегося оборудования и применить наиболее экономичную вертикальную схему расположения оборудования.

На заводе ЖБИ цех по производству сухих смесей мощностью 8 тыс. т в год располагается в цехе растворобетонного узла. Цех представляет собой 7-этажное здание, прямоугольное в плане с размерами

6×9 м. Производство включает в себя смешивание просушенного, просеянного песка, цемента, добавок, взвешивание и фасовку в бумажную тару. Технологическое оборудование размещено с учетом технологической последовательности, удобства обслуживания оборудования. В основу технологических решений проекта заложены современные способы производства и технологическая схема, обеспечивающая получение продукции высокого качества.

Технологическая схема оборудования по реконструкции заводов ЖБИ на выпуск строительных смесей представлена на рис. 4.11.

Технологический процесс предусматривает:

1. Загрузка песка: первичный песок подается со склада инертных материалов в галерее по ленточному конвейеру в цех сухих смесей. Песок накапливается в бункерах первичного песка.

2. Просушка, рассев песка: первичный песок из бункера шнековым питателем ПШ-0,56 подается в сушилку СВТ-0,5, где происходит просушка песка нагретым ТЭНами воздухом до температуры 150–300 °С. Производительность сушилки СВТ – 0,5–0,5 м^3/ч песка (до 50 кг испаренной влаги) при затратах энергии 120 кВт. Влажный воздух, образующийся при сушке песка, удаляется системой вентиляции. Пройдя температурную обработку и достигнув необходимой влажности, песок по рукаву подается в вибросито СВЗ-0,9. Вибросито производит рассев песка на следующие фракции: фр. 0–0,5 мм и 0,5–0,9 мм, используемые для производства сухих смесей, поступают в соответствующие бункера; фр. более 0,9 мм является отходами данного производства, по специальной трубке сбрасывается за пределы цеха и в дальнейшим используется для производства ЖБИ.

3. Загрузка цемента: осуществляется пневмотранспортом и через циклон подается в бункер цемента.

4. Производство цементно-песчаных смесей: из бункеров просушенного песка питателем ПШ-150Д песок подается в дозатор ДСМ-600Т. Аналогично из бункера цемента происходит подача цемента в дозатор. После того как дозатором завешено необходимое количество песка и цемента, песок с цементом сбрасывается в смеситель вибрационный СМВ-0,4 с объемом рабочей камеры 400 л. Комплексные добавки, модифицирующие сухие смеси, добавляются непосредственно в смеситель вручную. Для оптимизации смешивания рабочую камеру смесителя следует заполнять на 0,8–0,9 свободного объема. Далее в течение 15–25 минут происходит смешивание материалов.

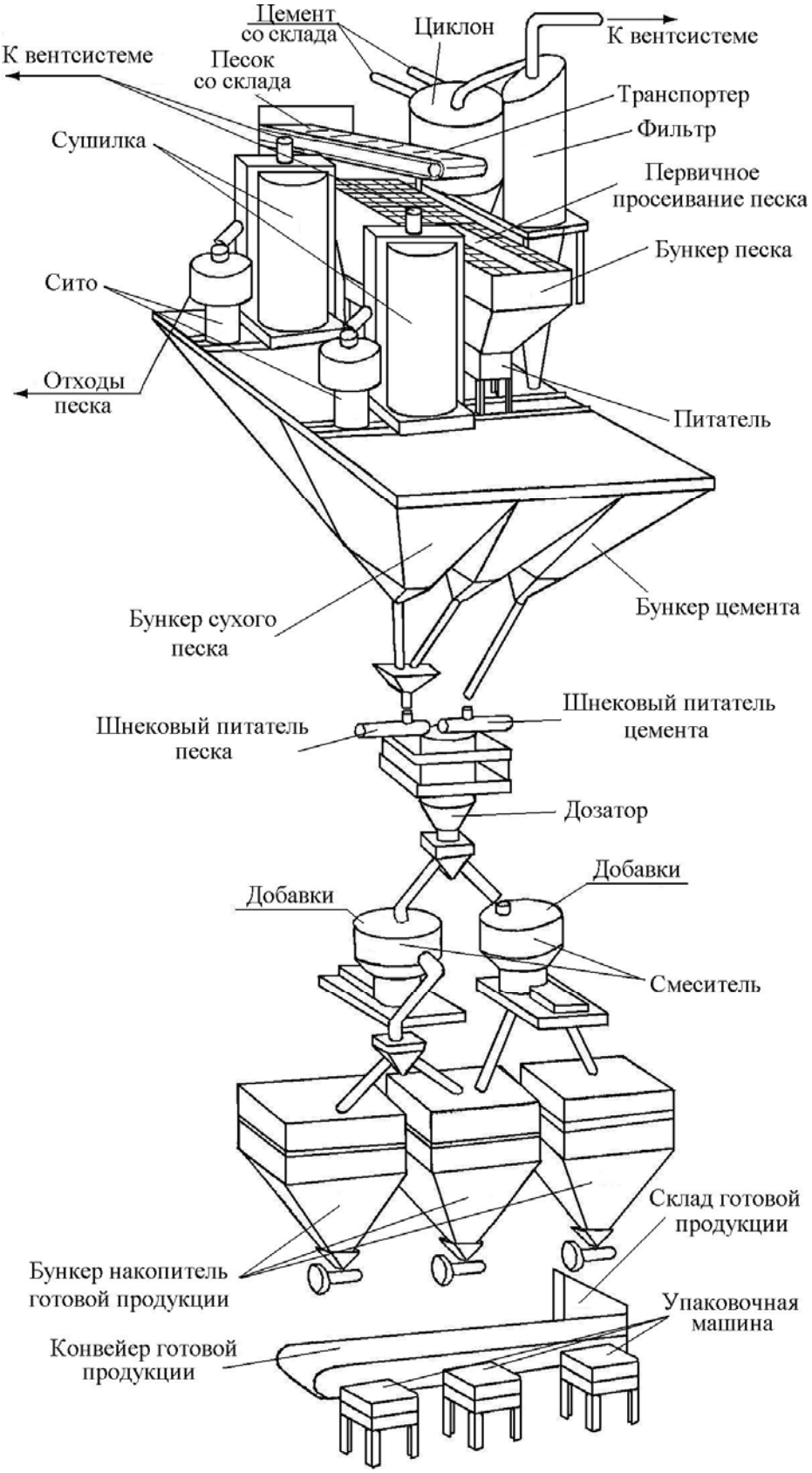


Рис. 4.11. Технологическая схема оборудования по реконструкции заводов ЖБИ для выпуска сухих строительных смесей

Готовая смесь после машины смешивания сбрасывается в бункер готовой продукции. С помощью упаковочной УМТШ-70 происходит дозированная расфасовка готовой продукции в многослойные клапанные мешки.

Упакованная в мешки сухая смесь конвейером подается на склад готовой продукции, где складируется на поддоны.

Сухие смеси имеют широкую область применения: для выполнения штукатурных и кладочных работ, устройства покрытий полов и заделки стыков. Кроме того, выпускаются сухие смеси для малярных, декоративных и облицовочных работ. Для декоративных покрытий сухие смеси выпускают с богатой палитрой цветов.

4.3. Производство высококачественных бетонов

Актуальным направлением в получении мелкозернистых бетонов нового поколения, отличающихся широким спектром функциональных возможностей, является использование комплексных добавок (КОМД), основным компонентом которых являются тонкодисперсные добавки-наполнители (каменная мука), обладающие высокими пуццоланическими свойствами. Комплексные органоминеральные добавки (КОМД) содержат органический и минеральный компоненты, обладающие конкретным модифицирующим эффектом. При значительном снижении расхода воды создаются стесненные контактные условия, при которых происходит более интенсивное формирование прочности бетона [5, 30]. Использование КОМД в порошкообразном виде облегчает их введение в бетонную смесь.

В зарубежной промышленности в качестве тонкомолотого наполнителя бетонных смесей широко используют известняковую муку. Так, например, компания BEC Beton Experten Center GmbH уже на протяжении нескольких лет успешно работает в области оптимизации составов строительных материалов с использованием местной каменной муки. Все большую актуальность приобретают вопросы экологичности и бережного ресурсопользования [94]. Немаловажным является и повышение качества выпускаемой продукции. В связи с этим компанией BEC Beton Experten Center GmbH разработаны составы литых самоуплотняющихся бетонных смесей с добавлением специально подобранной известняковой муки, что позволило осветлить тон изделий и добиться равномерного распределения цвета на поверхности, улучшить устойчивость бетона к расслоению, Результаты предлагаемой рецептуры были использованы при производстве тротуарных плит, ступеней, бордюров, палисадников и т.д. [21, 47, 94].

На рис. 4.12 представлена технологическая схема использования мелких песков при производстве мелкозернистых порошковых бетонов нового поколения.

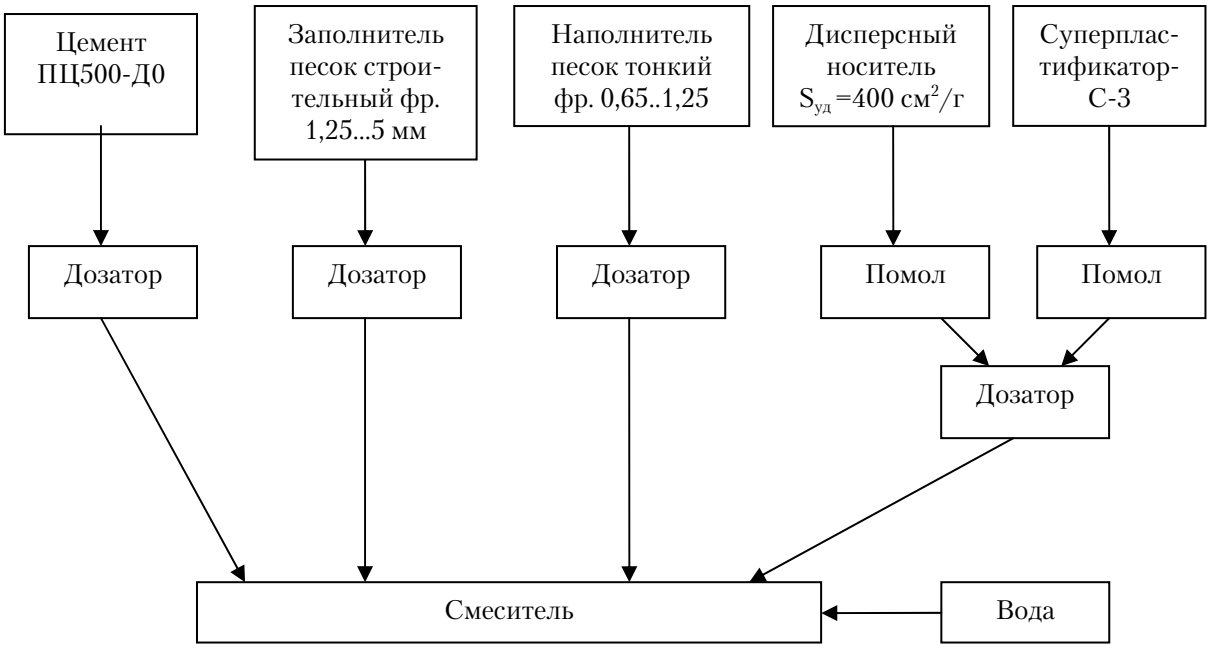


Рис. 4.12. Технологическая схема получения порошковых бетонов нового поколения

5. РЕОЛОГИЧЕСКИЕ, ФИЗИКО-МЕЗАНИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУПАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МЕСТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Влияние вида и содержания измельченного песка на растекаемость цементных композиций

Применение измельченных микронаполнителей позволяет максимально повысить водоредуцирующее действие суперпластификаторов, снизить расход воды при одинаковой гравитационной текучести в дисперсных системах по сравнению с обычными суспензиями [21, 46, 48]. Исследование влияния вида и содержания измельченного песка на растекаемость цементных композиций изучалось на следующих материалах.

В качестве вяжущего был использован портландцемент ОАО «Вольскцемент» ПЦ500 Д0.

В качестве мелкого наполнителя использовался кварцевый песок Ухтинского месторождения. Используемая фракция 0,05 мм (50 микрон), плотность – 2,55 г/см^3, влажность не более 5 %. Модуль крупности 1,5. Химический состав песков Ухтинского месторождения представлен следующими оксидами (в %): SiO_2 – 97,30 ... 99,42; Al_2O_3 – 0,10...0,95; Fe_2O_3 – 0,46...0,80; CaO – 0,14...0,70; MgO – до 0,40; Na_2O+K_2O – 0,13...0,33; SO_3 – 0,019; R_2O_3 – 0,9...1,45; п.п.п. – 0,34...0,54.

Исследуемые супер- и гиперпластификаторы:

– суперпластификатор С-3 – пластифицирующая добавка на нафталинформальдегидной основе, выпускаемая Новомосковским химическим комбинатом органического синтеза в соответствии с ТУ 6–36-020429–625;

– гиперпластификатор Sika ViscoCrete-20 GOLD (Германия) – современная пластифицирующая добавка на поликарбоксилатной основе.

Пластифицирующий эффект и водоредуцирующее действие оценивались по экспресс-методике, разработанной на кафедре ТБКиВ Пензенского ГУАС [29,48]. Для определения пластифицирующего эффекта использовали видоизмененный вискозиметр Суттарда, который представляет собой стальной цилиндр из нержавеющей стали с внутренним диаметром 10 мм и высотой 40 мм. Изменение водопотребности и подвижности оценивалось по величине расплыва на границе гра-

витационной растекаемости. Предельное напряжение сдвига при этом определялось из выражения

$$\tau_0 = hd^2\rho/\kappa D^2,$$

где τ_0 – предельное напряжение сдвига суспензии, Па
h и d – соответственно высота и диаметр вискозиметра, м;
ρ – плотность суспензии, кг/м^3;
κ – коэффициент, учитывающий перераспределение напряжений в вязкопластических телах, равный 2;
D – диаметр расплыва суспензии, м.

Для вискозиметра с указанными размерами расплыв на границе гравитационной растекаемости равен 22 мм, что соответствует τ_0=10–30 Па.

В табл. 5.1 приведены реологические свойства пластифицированных цементных композиций с добавками измельченного песка. Установлено, что мономинеральные суспензии практически одинаковой текучести получены при В/Т – отношении в пределах 0,42...0,6 (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Реологические свойства цементных композиций

№ п/п	Состав цементных суспензий, %			В/Т	Расплыв, мм	$В_д$, %
	цемент	молотый песок	модификатор			
1	100	–	–	0,420	22–24	–
2	100	–	С-3	0,200	23–24	52,3
3	100	–	Sika Visco-Crete-20	0,190	22–24	54,7
4	–	100	–	0,600	23–24	–
5	–	100	С-3	0,430	22–24	–
6	–	100	Sika Visco-Crete-20	0,410	22–24	–
7	75	25	–	0,420	23–24	–
8	75	25	С-3	0,360	22–24	
9	75	25	Sika Visco-Crete-20	0,31	22–24	28,6

Минимальная водопотребность В/Т=0,19...0,20 зафиксирована для цементных суспензий с суперпластификаторами Sika ViscoCrete и С-3, водотвердое отношение цементной суспензии контрольного состава при такой же текучести достигает В/Т=0,42.

Значительной водопотребностью В/Т=0,6, превышающей водопотребность цементной суспензии, обладает водная дисперсия на основе измельченных кварцевых песков. Лишь совместное введение тонкодисперсного строительного песка с суперпластификаторами Sika ViscoCrete вследствие синергизма позволяет снизить В/Ц-отношение до 0,30 и обеспечить водоредуцирующий эффект $В_д$=28,6 %. Это, в свою очередь, обеспечивает значительный резерв снижения капиллярной пористости цементного камня.

Выполненные исследования, в целом, свидетельствуют о значительном снижении водопотребности цементных суспензий, комплексно модифицированных суперпластификатором и дисперсным наполнителем [21, 22, 46]. Сочетание реологической активности строительного песка с реакционно-химической активностью по отношению к продуктам гидратации портландцемента определяет высокую ценность их использования в цементных композициях. Превращение строительного песка путем помола в реакционно-активный компонент цементных систем является чрезвычайно важным направлением в связи с широкой распространенностью их в природе.

5.2. Физико-механические свойства мелкозернистых порошковых бетонов нового поколения

Многолетними исследованиями, проводимыми на кафедре технологии строительных материалов и деревообработки (ТСМиД), установлена возможность получения композиционных материалов из горных пород. Исследовались молотые глауконитовый и микрокремнеземистый песчаники, гранит, диорит, диабаз, металлургические шлаки и др. Показано, что изготовление песчаных бетонов нормального твердения целесообразно на гранитно-шлаково-песчаниковом вяжущем, для бетонов с тепловой обработкой можно применять композиционные вяжущие с диоритом и гранитом. Бетоны из смеси пород осадочного и вулканического происхождения обладают высокими физико-механическими показателями: прочность при осевом сжатии при твердении в нормальных условиях – от 60 до 83 МПа, плотность в абсолютно сухом состоянии – 1,79–1,87 г/см^3, водопоглощение по массе, не более 17,5 %. Для получения композиционных вяжущих необходимы определенные

горные породы: магматического происхождения – эффузивные стекловатной структуры; метаморфического – кварцсодержащие породы; осадочного – силициты [107, 108, 110]. Предложена оценка качества кремнеземистого компонента как сырьевого компонента композиционного вяжущего, позволяющая ранжировать все горные породы по эффективности их использования. Предлагаемые композиционные вяжущие с использованием как природного, так и техногенного сырья, СП и ГП способствуют уменьшению капиллярной пористости и количества микротрещин при твердении вяжущей системы [5, 8, 30, 41, 45, 113].

Авторами [21, 28] для бетонов с низкой или средней прочностью (класс прочности В20-В25) установлена возможность замены части цемента известняковой мукой, при этом достигнуто сокращение минимального содержания цемента более чем на треть – до 150 кг/м^3. По данным авторов [5, 40, 109], малоактивные минеральные добавки высокой дисперсности (каменная мука) возможно применять в количестве до 50 % от массы цемента. Основной целью применения каменной муки в составе модифицированных бетонов является повышение реологической активности пластификаторов и суперпластификаторов и, как следствие, повышение плотности и прочности бетона, из-за снижения водосодержания смесей и уплотнения структуры бетона.

На рядовых портландцементах марки не ниже ПЦ 400, при использовании тонкодисперсных минеральных наполнителей, суперпластификаторов и активаторов твердения возможно повышение прочности бетона в 1,5–2 раза по сравнению с бетонами без каменной муки [3–6, 21, 112]. При разработке новых рецептур бетонных смесей и получении бетонов нового качества помимо традиционных требований к прочности и долговечности все большее значение приобретают требования по потреблению энергии на их производство [54, 113, 114].

Расширение рациональной области использования тонких строительных песков месторождений Пензенской области, не востребованных для получения традиционных бетонов, связано с производством мелкозернистых бетонов нового поколения. Выбор исходных компонентов многокомпонентых современных высококачественных мелкозернистых бетонов нового поколения требует системного анализа при их проектировании [33].

В продолжение дальнейших исследований в настоящем разделе на примере добычи известнякового щебня Иссинского карьера Пензенской области и гранитного – Питкярантского карьероуправления (ГУП г. Москва) в зависимости от используемой фракции предложено ком-

плексное применение сырьевых материалов для получения всех компонентов сухих порошковых высококачественных бетонов:

– крупного и мелкого заполнителей щебеночного и мелкозернистого бетона нового поколения (фр. 5,0...10 мм для щебеночного и 0,63...5,0 мм – мелкозернистого бетонов);

– наполнителя бетона (фр. 0,14...0,63 мм);

– измельченной части наполнителя, используемой в виде минерального компонента (каменная мука размер частиц не менее 50 мкм, например, «Микрокварц», «Микроизвестняк», «Микрогранит», «Микродиабаз», «Микробазальт»). Указанные наполнители рекомендуется также использовать в сухих строительных смесях.

Таблица 5.2

Составы порошковых щебеночных и песчаных бетонов нового поколения

Номер состава	Расход материала на 1 м^3					
	Цемент, кг	Крупный заполнитель, кг	Мелкий заполнитель, кг	Наполнитель, кг	Суперпластификатор, кг	Вода, л
Бетон щебеночный						
1	ПЦ500 Д0, ОАО «Вольскцемент», 630	1301	562	215	С-3, 6,9	205
2	630	1301	562	202	Sika Visco-Crete, 6,9	183
Бетон песчаный						
3	631	–	562	445	6,9	235
4	631	–	562	445	Sika Visco-Crete,6,9	231

Несмотря на улучшенные показатели водоредуцирующей эффективности гиперсуперпластификаторов, при получении высококачественных бетонов нового поколения применялся отечественный суперпластификатор С-3. Количество пластификатора 1,0 % от расхода цемента. Расплыв конуса Хегерманна для щебеночных бетонов составля-

ет 295×300 мм, для мелкозернистых песчаных – 300×320 мм. Высокая водоредуцирующая эффективность обусловлена присутствием измельченного наполнителя. Установленные показатели физико-механических и эксплуатационных свойств порошковых мелкозернистых щебеночных и песчаных бетонов не уступают ранее полученным данным [21].

Таблица 5.3

Физико-механические показатели порошковых мелкозернистых щебеночных и песчаных бетонов нового поколения

Номер состава	В/Ц	Плотность бетона, кг/м^3	Прочность на растяжение при изгибе и сжатии $R_{изг}/R_{сж}$, МПа, через		
			1 сут.	7 сут.	28 сут.
1	0,325	2495	7,9/33,1	19,1/136,3	17,8/170,4
2	0,290	2480	8,1/55,4	19,9/149,0	22,8/179,0
3	0,372	2239	4,5/39,6	15,2/118,1	16,1/122,1
4	0,366	2240	4,9/40,4	15,9/127,8	18,1/135,6

Применение сталефибробетона в строительстве обусловлено как экономическими, так и экологическими составляющими. Для большинства сталефибробетонных конструкций стоимость их по сравнению с железобетонными уменьшается незначительно, а зачастую даже возрастает, что обусловлено высокой стоимостью используемых волокон [40]. В связи с этим одним из направлений снижения затрат при производстве сталефибробетона и изделий из него является замена промышленной фибровой арматуры на более дешевое вторичное сырье. В этом отношении, металлокорд является одним из самых прочных промышленных отходов.

По прочности используемой проволоки различают следующие виды металлокорда: нормальной прочности (NT – Normal Tensile), диапазон временного сопротивления разрыву проволоки составляет 2500–3000 Н/мм^2; высокой прочности (HT – High Tensile), имеющей временное сопротивление разрыву 3000–3400 Н/мм^2; сверхвысокопрочный (ST – Super Tensile) с удельной прочностью проволоки 3200–3700 Н/мм^2; ультравысокопрочный (UT – Ultra Tensile) с временным сопротивлением разрыву проволоки 3400–4200 Н/мм^2; мегапрочный (MT – Mega tensile) с временным сопротивлением разрыву проволоки более 4000 Н/мм^2.

В связи с воздействием значительных нагрузок, действующих на колесо в процессе эксплуатации автомобиля, стальное волокно, приме-

няемое при производстве автопокрышек, обладает очень высокой прочностью. По удельной прочности металлокорд уступает лишь арамидам, стеклокорду, поликапрамиду, при этом его высокая прочность, жесткость и сопротивление сжатию позволяет уменьшать число кордных слоев, закладываемых в шину, позволяя, снижать вес автошин. Повышенные физико-механические характеристики стального корда позволяют изготовлять шины автомобилей высокой грузоподъемности. Важнейшим свойством металлокорда является отсутствие снижения прочности под воздействием влаги, малое снижение прочности в результате фреттинга.

Металлокорд имеет высокий модуль Юнга, что обусловливает низкие потери на тепловыделение при работе шин, малое сопротивление качению, стабильность формы шины под различными видами нагрузок [24, 37].

Возможность применения металлокорда, полученного после механической переработки изношенных автошин, в виде дисперсной арматуры в фибробетоне и концепция его получения базируется на экологическом аспекте, в основу которого положена безопасная переработки шин; технологическом, отражающим механизмы структурообразования фибробетонов, модифицированных комплексными органоминеральными добавками и армирующими элементами и экономическом, обосновывающим экономическую целесообразность применения комплексных модифицирующих добавок и армирующих элементов в категории «затраты – качество».

Авторами установлена оптимальная длина фибры, обеспечивающая требуемые характеристики фибробетона, исследованы геометрические характеристики фибры, прочность и коэффициент износа, получаемые в процессе механической переработки и эксплуатации автомобильных шин [37]. При базовой длине металлокорда 10 мм изменчивость длины волокна составляет: 6–8 мм (10...15 %), 9–10 мм (60...70 %), 11–12 (12...18 %), 13..14 (5...8 %). Выход фибры из металлокорда, пригодной для использования в фибробетоне, составляет 65...69 % от всего получаемого сырья [37].

Наличие «крючковатостей» оказывает существенное положительное влияние на качество и прочность сцепления фибры с матрицей бетона, т.к. степень анкеровки стального волокна в фибробетоне имеет исключительное значение. Известно, что стальная промышленная фибра зарубежных и отечественных фирм выполняется с различными загибами, уступами, рельефами, которые значительно увеличивают сопротивление выдергиванию [24]. Для надежного сцепления с бетоном-

матрицей стальные волокна должны иметь достаточно шероховатые боковые поверхности. В результате механической переработки металлическая проволока из металлокорда имеет изогнутую структуру, наиболее выгодную длину (8...12 мм) и высокую прочность (2200...3000 МПа), что является идеальным для производства сталефибробетоов.

В настоящей главе при получении дисперсноармированных щебеночных бетонов применялось дисперсное армирование металлокордом и комплексными органоминеральными модификаторами. В качестве армирующих элементов приняты: промышленная стальная фибра *d*=0,2...1,0 мм, *l*= 12 мм, ТУ BY 400074854.628–2009 (ОАО «Белорусский металлургический завод»); волновая стальная фибра *d*=0,3...1,0 мм, *l*= 12 мм, Wavy FiBer ООО «Профит-М» и металлокорд, представляющий собой латунированную проволоку, получаемую путем переработки изношенных автомобильных шин *d*=0,2...1,0 мм, *l*= 8...12 мм.

В качестве основной пластифицирующей добавки КОМД при проведении экспериментальной части работы использовался отечественный суперпластификатор С-3, из суперпластификаторов нового поколения на поликарбоксилатной основе – гиперсуперпластификатор Sika ViscoCrete-20 GOLD производства Германии. Минеральным компонентом КОМД являлись реакционно-активные наполнители на основе измельченных песков, образующихся в Пензенской области в процессе добычи, не востребованные в технологии получения традиционных бетонов. Характеристика промышленной фибры принята по справочным данным заводов изготовителей [37].

Таблица 5.4

Характеристики используемой фибры

Наименование фибры	Диаметр, мм	Длина волокна, мм	Прочность на растяжение, МПа	Модуль упругости, МПа	Удлинение при разрыве, %
Металлокорд	0,22...1,0	6...12	2294	209 800	3,03
Фибра промышленная производства БМЗ ФСВ–М-0,2/12*	0,22...1,0	12...	2280	210 000	3,00
Волновая стальная латунированная фибра ООО «Профит-М» Wavy FiBer*	0,3...1,0	12...	1950	200 000	4,00

Процесс получения фибробетона осуществлялся в две стадии. Первоначально предварительно перемешанные сухие компоненты бетона затворялись требуемым количеством воды с суперпластификатором. Затем в подготовленную смесь при непрерывном перемешивании вводилось необходимое количество фибры. Такая технология введения стальных волокон позволила обеспечить необходимую равномерность распределения фибры по всему объему бетонной смеси.

Расход материалов на 1 м^3 бетонной смеси составлял: цемент – 564 кг, песок – 564 кг, щебень – 1310 кг, суперпластификатор – 1 % от массы цемента. Дозировка стальных волокон в щебеночном бетоне не превышала 1,5 % по объему. Диаметр фибры изменялся от тонкой 0,2 мм до грубой 1,0 мм, при длине до 12 мм, соотношение L/d – от 12 до 60. Водоцементное отношение непластифицированной бетонной смеси контрольного состава достигало 0,41, а пластифицированной, при обеспечении одинаковой удобоукладываемости, составляло 0,29. В качестве дисперсного наполнителя использовался тонкоизмельченный строительный песок месторождения Пензенской области в количестве 20 % от расхода цемента. Для приготовления опытных образцов использовались портландцемент марки ПЦ500-Д0 ОАО «Вольскцемент», высокопрочный габбро-диаритовый щебень фр. 5–10 мм, марки по дробимости 1400, кварцевый песок фр. 0,125–5,0 мм с $M_{кр}$=2,3, сухой суперпластификатор С-3 Новомосковского химического комбината органического синтеза на основе нафталинсульфокислоты и формальдегида в количестве 1 % от массы цемента. Поскольку производство волновой металлической фибры диаметром 0,2 отсутствует, использована промышленная волновая фибра диаметром 0,3 мм.

В табл. 5.5 и 5.6 представлен сравнительный анализ влияния вида стальной фибры и ее геометрических характеристик на показатели прочности при сжатии и растяжения при изгибе щебеночного сталефибробетона.

Таблица 5.5

Составы порошковых дисперсноармированных бетонов

Номер состава	Расход материала на 1 м^3					Фибра, кг	
	Цемент, кг	Мелкий заполнитель, кг	Наполнитель, кг	С-3, кг	Вода	Промышленная	Металокорд
1	715,0	606	214,5	7,2	231	–	–
2	709,0	599	212,7	7,1	207	234	–
3	712,0	631	213,6	7,1	218	–	299

Таблица 5.6

Физико-механические и реологические показатели порошковых дисперсноармированных бетонов

Номер состава	В/Ц	Плотность, кш/г/м^3	Прочность на растяжение при изгибе и сжатии $R_{изг}/R_{сж}$ в возрасте, МПа		
			1 сут	7 сут	28 сут
1	0,320	2376	8,1/52,1	10,6/123,6	15,9/125,2
2	0,292	2481	15,0/72,4	19,6/148,8	22,1/180,2
3	0,306	2465	14,4/71,9	20,1/133,1	21,8/178,8

Общая тенденция изменения прочности в зависимости от диаметра используемой волокон имеет идентичный характер. Прочность фибробетона из металлокорда как на сжатие, так и на изгиб, превышает прочность фибробетона, армированного промышленной фиброй в среднем на 6 %, что обусловлено особенностями металлокорда, имеющего значительное количество элементов механического анкерирования в виде «засечек», крючковатостей и изогнутостей. Выявлено, что металлокордовая фибра обладает большой поверхностью сцепления с матрицей бетона, а оптимальная длина фибры (10–12 мм) позволяет обеспечить равномерное распределение волокон и избежать комкуемости.

Использование волокон диаметром 0,3 мм и выше способствует плавному падению прочностных характеристик. Так, прочность на сжатие и изгиб образцов сталефибробетона с увеличением диаметра волокон от 0,3 до 1 мм при неизменной длине снизилась в среднем на 8,5 %. Металлокорд после механической переработки изношенных автошин теряет свои преимущества перед промышленной фиброй, т.к. становится более плоским, но при этом на его поверхности сохраняются засечки, что позволяет все же успешно использовать его.

Установлено, что оптимальная дозировка волокон металлокорда, обеспечивающая наибольшее повышение прочности на сжатие, составляет 1,5...2,0 %. Увеличение дозировки стального волокна свыше 2,5 % приводит к уменьшению прочности независимо от вида используемого волокна, что, по-видимому, обусловлено переармированием бетона. Дальнейшее повышение дозировки армирующих стальных волокон свыше 2,5 % нецелесообразно также в связи с удорожанием стоимости 1 м^3 бетона [37].

Установлены эксплуатационные показатели дисперсно-армированного щебеночного бетона, усиленного армирующими волокнами: водопоглощение – усадочные деформации в условиях относительной влаж-

ности 70 % не превышают 2 мм/м, ударная прочность, фиксируемая по работе разрушения, не менее 30 Дж/см^3.

При производстве мелкозернистых бетонов нового поколения, в том числе дисперсноармированного, реализуется концепция использования реакционно-активных тонкодисперсных наполнителей.

5.3. Эксплуатационные показатели фибробетона

Влияние вида и дозировки армирующих элементов на ударную прочность фибробетона. В качестве армирующего элемента для испытания мелкозернистого порошкового бетона на ударную прочность, в том числе дисперсноармированного, использовались: тонкая промышленная стальная фибра Белорусского металлургического комбината; металлокорд, представляющий собой латунированную проволоку, получаемую путем переработки изношенных автомобильных шин. Диаметр и длина используемых материалов составляла d=0,2...1,0 мм, l= 8...12 мм.

Методика испытания бетона заключалась в следующем. Бетон испытывался на копре, который состоит из металлической станины, переходящей в стальную наковальню. По закрепленным к станине двум направляющим колонкам движется рамка, к которой подвешена гиря массой 2000 г. Удары гири по образцу наносят через прижимной подбабок — цилиндр, конец сферической формы которого имеет радиус 1 см.

Таблица 5.7

Работа разрушения образцов в зависимости от вида и содержания армирующего элемента

Вид бетона	Вид волокна	Содержание волокна, %	Работа, затраченная на разрушение образца, Дж/см^3
Бетон щебеночный	–	–	13,59
	Промышленная фибра	1,0	26,47
		1,5	27,84
		2,0	23,06
	Металлокорд	1,0	27,68
		1,5	29,46
		2,0	22,10
Бетон мелкозернистый	–		7,3
	Промышленная фибра	1,0	11,43
		1,5	14,32
		2,0	18,11
	Металлокорд	1,0	12,08
		1,5	14,63
		2,0	18,98

Разрушение бетона определяется визуально, в момент появления на нём первой трещины.

Ударная прочность оценивалась по величине работы, затрачиваемой на разрушение образца и отнесённой к его объёму. Работа разрушения определяется по формуле

$$A=\frac{P\cdot(1+2+3+...+n)}{V},$$

где P – масса гири, кг;

1,2,3...n – порядковый номер удара, разрушившего образец;

V – объём образца, см^3.

Ударная прочность образцов высокопрочного щебеночного и мелкозернистого бетонов контрольного состава составила 13,59 и 7,3 Дж/см^3 соответственно. Работа, затраченная на разрушение дисперсноармированного щебеночного бетона, в зависимости от вида и дозировки используемых армирующих волокон изменяется в среднем на от 26,8 до 62 % для мелкозернистых и 36,4 до 53,9 % для щебеночных соответственно [37].

Появление первой трещины щебеночного дисперсно-армированного бетона зафиксировано после приложения 55 ударов (промышленная фибра) и 58 ударов (металлокорд), трещинообразование бетона контрольного состава наступило сразу же после нанесения 27 ударов, при этом ширина раскрытия первой трещины в бетоне контрольного состава достигала 1 мм, а в дисперсно-армированном бетоне не превышала 0,2 мм.

В мелкозернистых бетонах появление первой трещины зафиксировано после приложения 26 ударов (промышленная фибра), 29 ударов (металлокорд) бетона контрольного состава наступило сразу же после нанесения 11 ударов.

Истираемость фибробетона в зависимости от вида и качества волокон. Показатели истираемости бетона необходимы при устройстве полов из мелкозернистого бетона [37].

Истираемость бетона определялась в соответствии с ГОСТ 13087–81 «Бетоны. Методы определения истираемости». Испытания проводились на круге истирания ЛКИ-3. Перед испытанием производилось взвешивание и измерение площади истираемых граней образцов. Истираемость бетона определялась по потере массы испытанных образцов.

Применение в качестве дискретной арматуры металлокорда обеспечивает требуемую истираемость, что свидетельствует о возможности замены промышленной фибры на металлокорд.

Таким образом, в настоящей монографии установлена возможность расширения сырьевой базы строительных материалов за счет комплексного использования природных ресурсов и техногенных отходов [13, 35, 43, 82]. Использованы комплексные модифицирующие добавки с применением пластифицирующих модификаторов, каменной муки на основе строительного песка месторождений Пензенской области. Указанное позволяет создать местные строительные материалы на базе отдельных карьеров РФ и техногенных отходов.

Таблица 5.8

Результаты испытаний образцов мелкозернистого фибробетона на истираемость

№ п/п	Расход материалов на 1м^3 бетонной смеси, кг		Вид и количество используемой фибры, %		Прочность на сжатие, МПа	Истираемость бетона, г/см^2
	Цемент/ наполнитель	песок	Промышленная фибра	Металлокорд		
1	$\frac{446,0}{50,5}$	1650,0	–	–	52	1,55
2	$\frac{446,0}{50,5}$	1520,6	–	1,5	66	0,56
3	$\frac{446,0}{50,5}$	1520,6	1,5	–	68	0,55

6. СНИЖЕНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ПРОЦЕССЕ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

6.1. Снижение запыленности атмосферного воздуха в процессе добычи полезных ископаемых на примере месторождений Пензенской области

Основные физико-химические свойства образующейся пыли. Основными профессиональными вредностями при добыче полезных ископаемых являются запыленность воздуха, загрязнение его вредными газами, неблагоприятный микроклимат и др. Пылегазообразование возникает при ведении буровзрывных работ на карьере и зависит от многих факторов, к основным из которых следует отнести физико-механические свойства горных пород и их обводненность, способы бурения взрывных скважин, ассортимент применяемых взрывчатых веществ, типы используемых забоечных материалов, методы и время взрыва, метеоусловия на момент массового взрыва и др.

Пыль, образуемая в результате диспергирования твёрдых тел, включает частицы разных размеров, преимущественно в пределах 10^{-7}–10^{-4}м.

Частицы пыли условно классифицируются на следующие группы:

– крупные частицы, осаждающиеся со временем;

– микроскопическая пыль – частицы, слабо или совсем не осаждающиеся.

Диаметр частиц пыли первой группы составляет 20 микрон (мкм) Такие частицы сосредоточены главным образом над поверхностью земли не превышающей 3 000 м. Диаметр второй группы колеблется от 0,1 мкм. до 2,5 мкм. Указанные частицы за счет электростатических сил способны оседать, увеличиваясь в размерах. Эти частицы являются эффективными ядрами конденсации водяного пара и способствуют выпадению осадков. Частицы диаметром менее 0,001 мкм встречаются во всех слоях атмосферы. Размер аэрозольных частицах колеблется от 0,1 до 20 мкм. Такого рода частицы рассеивают радиацию и оказывают влияние на степень солнечного освещения, температуру поверхности почвы [69].

Пыль характеризуется совокупностью свойств, определяющих поведение ее в воздухе и воздействие на организм человека. В воздухе рабочей зоны содержатся одновременно частицы пыли различных размеров. По данным авторов, содержание частиц пыли диаметром до 2 мкм

составляет 20 %, от 2 до 5 мкм 70 % и свыше 10 мкм – до 10 %. Наибольшее значение имеют такие свойства пыли, как химический состав, растворимость, дисперсность, взрывоопасность, форма частиц, электрозаряженность, адсорбционные свойства и т.д. В зависимости от дисперсности различают: видимую пыль размером более 10 мкм, быстро выпадающую из воздуха; микроскопическую – размером от 0,25 до 10 мкм, медленно выпадающую из воздуха; ультрамикроскопическую – менее 0,25 мкм, витающую в воздухе по законам броуновского движения [69].

Пыль в зависимости от состава может оказывать на организм человека фиброгенное, раздражающее, токсическое, аллергическое действие. Так, например, пыль некоторых веществ и материалов (стекловолокна, слюды и др.) оказывает раздражающее действие на верхние дыхательные пути, слизистую оболочку глаз, кожи. Пыль токсичных веществ (свинца, хрома, бериллия и др.), попадая через легкие в организм человека, оказывают токсическое действие в зависимости от их физико-химических и химических свойств. Очень высокой фиброгенной активностью обладает диоксид кремния или кремнезем. Кремний составляет 27,6 % массы земной коры. Растворимость пыли, зависящая от ее химического состава, может иметь как положительное, так и отрицательное гигиеническое значение. Если пыль не токсична, как, например, сахарная, то хорошая растворимость такой пыли – благоприятный фактор, который способствует быстрому удалению ее из легких. В случае токсичной пыли (никеля, бериллия) хорошая растворимость сказывается отрицательно, так как в этом случае токсичные вещества попадают в кровь и приводят к быстрому развитию отравления. Нерастворимая, в частности, волокнистая пыль надолго задерживается слизистой оболочкой дыхательных путей, нередко приводя к патологическому состоянию.

Большое гигиеническое значение имеет дисперсность производственной пыли. От размера пылевых частиц зависит длительность пребывания производственной пыли в воздухе и характер воздействия ее на органы дыхания. В легкие при дыхании проникает пыль размером от 0,2 до 5 мкм. Более крупные пылинки задерживаются слизистой оболочкой верхних дыхательных путей, а более мелкие – выдыхаются. С повышением дисперсности изменяется степень биологической агрессивности пыли. Наибольшей фиброгенной активностью обладают аэрозоли дезинтеграции с размером пылинок от 1... 2 до 5 мкм и аэрозоли конденсации с частицами менее 0,3...0,4 мкм.

Важным свойством некоторых пылей является взрывоопасность. При наличии источников зажигания пылевые частицы, сорбируя кислород воздуха, становятся легко воспламеняющимися. Известны взрывы каменноугольной, сахарной, мучной пыли. Способностью взрываться и воспламеняться при наличии источника зажигания обладают также крахмальная, сажевая, алюминиевая, цинковая и некоторые другие виды пылей. Для различных пылей взрывоопасная концентрация вещества неодинакова. Для пыли крахмальной, алюминиевой и серной минимальной взрывоопасной концентрацией является 7 г/м^3 воздуха, для сахарной – 10,3 г/м^3. Кроме того, значительные концентрации пыли в воздухе снижают видимость вследствие поглощения светового потока плотными частицами и рассеяния света. Форма пылинок влияет на устойчивость аэрозоля в воздухе и поведение в организме. Форма пылевых частиц, образующихся в производственных условиях, может быть различной: сферической, плоской, волокнистой, оскольчатой, игольчатой и др. Частицы сферической формы быстрее выпадают из воздуха и легче проникают в легочную ткань. Пылевые частицы слюды, имеющие пластинчатую форму, и пыль стекловолокна, имеющая игольчатую форму, могут длительно витать в воздухе, независимо от их размера. Нитевидные частицы асбеста, хлопка, пеньки и др. практически не оседают из воздуха, несмотря на то, что длина их превышает сотни и тысячи микрон. Пылинки стекловолокна, асбеста и других, имеющих острые края, попадая на слизистые оболочки верхних дыхательных путей, глаз и кожу, могут оказывать травмирующее и раздражающее действие.

Электрозаряженность пылевых частиц влияет на устойчивость аэрозоля и его биологическую активность. В момент образования пыли (бурение, дробление, измельчение твердых веществ) большинство частиц приобретает электрический заряд. Величина наведенных зарядов различна и зависит от размеров, условий образования и массы частиц. Установлено, что крупные пылинки несут больший заряд. Наличие разноименно заряженных частиц пыли приводит к укрупнению и выпадению частиц пыли из воздуха. Установлено, что пылинки, несущие электрический заряд, дольше задерживаются в организме. Аэрозоли дезинтеграции имеют большую величину заряда, чем аэрозоли конденсации.

В табл. 6.1 приведены предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в условиях добычи полезных ископаемых.

Для здоровья человека, наибольшую опасность представляют частицы пыли размером до 5 мкм. Они легко проникают в легкие и там оседают, вызывая бронхиты, астму и разрастание соединительной ткани.

В международной практике принято нормирование частиц:

– PM_{10} – частицы диаметром 10 мкм;

– $PM_{2,5}$ – частицы диаметром 2,5 мкм.

Борьба с пылью на производстве и профилактика заболеваний, развивающихся от воздействия пыли, осуществляется комплексом санитарно-гигиенических, технологических, организационных и медико-биологических мероприятий. Основой проведения мероприятий по борьбе с пылью является гигиеническое нормирование содержания аэрозолей в воздухе рабочей зоны. Так, например, для аэрозолей, способных вызвать выраженный пневмокониоз, ПДК не превышает 1...2 мг/м^3; для аэрозолей, оказывающих фиброгенное действие средней выраженности, – 4...6 мг/м^3, для аэрозолей с незначительной фиброгенностью – 8...10 мг/м^3. Уровень допустимого содержания пыли с выраженным токсическим действием для большинства веществ значительно меньше 1 мг/м^3. В настоящее время установлены ПДК более чем для 100 видов пыли, оказывающих фиброгенное действие.

Таблица 6.1

Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

№ п/п	Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м^3		Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности
		Максимальная разовая	среднесуточная		
1.	Взвешенные частицы PM10	0,3	0,06	рез.	–
2	Взвешенные частицы PM2,5	0,16	0,035	рез.	–
3	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, %:				
	– более 70 % (динас и др.)	0,15	0,05	Рез.	3
	– 20–70 % (шамот, цемент, пыль цементного производства – глина, глинистый сланец, доменный шлак, песок, клинкер, зола, кремнезем и др.)	0,3	0,1	Рез.	3
	– менее 20 % (доломит, пыль цементного производства – известняк, мел)	0,5	0,15	Рез.	3

В борьбе с образованием и распространением пыли наиболее эффективны такие мероприятия, как:

– внедрение непрерывной технологии производства, при которой отсутствуют ручные операции, автоматизация и механизация процессов, сопровождающихся выделением пыли;

– обработка пылящих материалов, например, внедрение мокрого бурения в горнорудной и угольной промышленности (бурение с промывкой канала водой);

– дистанционное управление;

– устройство местных вытяжной или приточно-вытяжной вентиляции. Удаление пыли происходит непосредственно от мест пылеобразования. Перед выбросом в атмосферу запыленный воздух очищается с помощью пылеуловителей различной конструкции.

Интенсивное загрязнение воздуха пылью наблюдается при транспортировке, погрузке, разгрузке и затаривании сухих, пылящих материалов. Улучшение условий труда при этих процессах достигается переходом на закрытые способы транспортировки и механизацию отдельных операций. Так, например, пневмотранспорт, т.е. перемещение материалов по трубам с помощью сжатого воздуха, герметичность оборудования для погрузочно-разгрузочных операций, современные машинные методы расфасовки и упаковки готовой продукции применяются во многих производствах и дают хороший гигиенический эффект.

Федеральный классификационный каталог отходов (ФККО) является составной частью государственного кадастра отходов и представляет собой перечень видов отходов, находящихся в обращении в Российской Федерации и систематизированных по совокупности классификационных признаков: происхождению, условиям образования (принадлежности к определенному производству, технологии), химическому и (или) компонентному составу, агрегатному состоянию и физической форме. Порядок ведения государственного кадастра отходов утвержден приказом Минприроды России от 30.09.2011 № 792 (зарегистрировано в Минюсте России 16.11.2011 № 22313.

Объектом классификации в ФККО-2014 является вид отходов, представляющий собой совокупность отходов, которые имеют общие признаки в соответствии с системой классификации отходов.

Классификация отходов в ФККО-2014 выполнена по следующим классификационным признакам: происхождению, условиям образования (принадлежности к определенному производству, технологии),

химическому и (или) компонентному составу, агрегатному состоянию и физической форме.

Федеральный классификационный каталог отходов включает следующие блоки:

1. Отходы сельского, лесного хозяйства, рыбоводства и рыболовства.

2. Отходы добычи полезных ископаемых.

3. Отходы обрабатывающей промышленности.

4. Отходы потребления производственные и непроизводственные; материалы, изделия, утратившие потребительские свойства, не вошедшие в блоки 1–3, 6–9.

6. Отходы обеспечения электроэнергией, газом и паром.

7. Отходы при водоснабжении, водоотведении, деятельности по сбору и обработке отходов.

8. Отходы строительства и ремонта.

9. Отходы при выполнении прочих видов деятельности.

Структура каждого блока ФККО-2014, представленная в табл. 6.2, в основном соответствует структуре соответствующего раздела классификаторов с учетом детализации включенных в них видов деятельности.

Код каждого вида отходов имеет 11-значную структуру. Первые восемь знаков кода вида отходов используются для кодирования происхождения видов отходов и их состава. Девятый и десятый знаки кода используются для кодирования агрегатного состояния и физической формы отхода. Одиннадцатый знак кода – для кодирования класса опасности вида отходов в зависимости от степени негативного воздействия на окружающую среду.

Кодификатор агрегатного состояния и физической формы, использованный для кодирования видов отходов, включенных в ФККО-2014, приведен в табл. 6.3.

В 11-м знаке кода цифра 0 используется для блоков, типов, подтипов, групп и подгрупп; для видов отходов значащая цифра обозначает: 1 – I-й класс опасности; 2 – II-й класс опасности; 3 – III-й класс опасности; 4 – IV-й класс опасности; 5 – V-й класс опасности.

Внесение изменений и дополнений в ФККО-2014 обеспечивается Росприроднадзором в соответствии с Порядком ведения государственного кадастра отходов, утвержденного приказом Минприроды России от 30.09.2011 № 792.

В табл. 6.4 представлены виды отходов ФККО – 2002 (2003), не вошедшие в ФККО-2014, в связи с отсутствием достаточных данных для установления классификационных признаков.

В табл.е 6.5 представлены виды отходов ФККО – 2002 (2003), не вошедшие в ФККО-2014 по причине отнесения их к биологическим и медицинским отходам.

В табл. 6.6 представлены виды отходов ФККО – 2002 (2003), не вошедшие в ФККО-2014, утвержденный приказом Росприроднадзора от 18.07.2014 № 445, и которые планируется включить в ФККО-2014 дополнением № 1, с указанным в таблице кодом вида отходов.

Таблица 6.2

Структура Федерального классификационного каталога отходов

Код	НАИМЕНОВАНИЕ БЛОКОВ И ТИПОВ
1	2
1	**Отходы сельского, лесного хозяйства, рыбоводства и рыболовства**
1 10	Отходы сельского хозяйства
1 50	Отходы при лесоводстве и лесозаготовках
1 70	Отходы при рыболовстве, рыбоводстве
2	**Отходы добычи полезных ископаемых**
2 10	Отходы добычи топливно-энергетических полезных ископаемых
2 20	Отходы добычи металлических руд
2 30	Отходы добычи прочих полезных ископаемых
2 90	Отходы при предоставлении услуг в области добычи полезных ископаемых
3	**Отходы обрабатывающей промышленности** (включая отходы очистки сточных вод на локальных очистных сооружениях, исключая неспецифические отходы производственного потребления)
3 01	Отходы производства пищевых продуктов, напитков, табачных изделий
3 02	Отходы производства текстильных изделий
3 03	Отходы производства одежды
3 04	Отходы производства кожи, изделий из кожи
3 05	Отходы обработки древесины и производства изделий из дерева
3 06	Отходы производства бумаги и бумажных изделий
3 07	Отходы полиграфической деятельности и копирования носителей информации
3 08	Отходы производства кокса, нефтепродуктов
3 10	Отходы производства химических веществ и химических продуктов
3 30	Отходы производства резиновых и пластмассовых изделий
3 40	Отходы производства прочей неметаллической минеральной продукции
3 50	Отходы металлургических производств

Продолжение табл. 6.2

1	2
3 60	Отходы производства готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования
3 70	Отходы производства машин и оборудования
3 80	Отходы производства транспортных средств и прочего оборудования
3 90	Отходы производств прочей продукции
4	**Отходы потребления производственные и непроизводственные; материалы, изделия, утратившие потребительские свойства, не вошедшие в блоки 1–3, 6–9**
4 01	Отходы пищевой продукции, напитков, табачных изделий
4 02	Текстиль и изделия текстильные, утратившие потребительские свойства
4 03	Изделия из кожи, утратившие потребительские свойства
4 04	Продукция из древесины, утратившая потребительские свойства
4 05	Бумага и изделия из бумаги, утратившие потребительские свойства
4 06	Отходы нефтепродуктов
4 10	Продукты химические, утратившие потребительские свойства
4 30	Резиновые и пластмассовые изделия, утратившие потребительские свойства
4 40	Катализаторы, сорбенты, фильтры, фильтровальные материалы, утратившие потребительские свойства
4 50	Неметаллические минеральные продукты прочие, утратившие потребительские свойства (кроме отходов строительных материалов, вошедших в блок 8)
4 60	Лом и отходы черных и цветных металлов
4 70	Отходы оборудования и прочей продукции, подлежащей особому контролю
4 80	Отходы машин и прочего оборудования
4 90	Прочие неспецифические отходы потребления
6	**Отходы обеспечения электроэнергией, газом и паром**
6 10	Отходы ТЭС, ТЭЦ, котельных
6 20	Отходы при производстве энергии гидроэлектростанциями, гидроаккумулирующими электростанциями
6 30	Отходы при производстве энергии из возобновляемых источников
6 40	Отходы производства и распределения газообразного топлива
6 90	Отходы при обеспечении электроэнергией, газом, паром прочие
7	**Отходы при водоснабжении, водоотведении, деятельности по сбору и обработке отходов**
7 10	Отходы при заборе, очистке и распределении воды для бытовых и промышленных нужд
7 20	Отходы при сборе и обработке сточных вод
7 30	Отходы коммунальные, подобные коммунальным на производстве, отходы при предоставлении услуг населению
7 40	Отходы деятельности по обработке отходов
8	**Отходы строительства и ремонта**
8 10	Отходы подготовки строительного участка, разборки и сноса зданий

Окончание табл. 6.2

1	2
8 20	Отходы строительства зданий, сооружений
8 30	Отходы при демонтаже, ремонте автодорожных покрытий
8 40	Отходы при демонтаже, ремонте железнодорожного путевого хозяйства
8 90	Прочие отходы строительства и ремонта
9	**Отходы при выполнении прочих видов деятельности, не вошедшие в блоки 1–3, 6–8**
9 10	Отходы обслуживания и ремонта машин и оборудования
9 20	Отходы обслуживания и ремонта транспортных средств прочие
9 30	Отходы при ликвидации загрязнений окружающей среды
9 40	Отходы при технических испытаниях, измерениях, исследованиях

Таблица 6.3

Кодификатор агрегатного состояния и физической формы

	Агрегатное состояние, физическая форма	Примечание
1	2	3
00	Не требует определения агрегатного состояния и физической формы	
10	**Жидкое**	Индивидуальные вещества, растворы
20	**Твердое**	Используется, если твердый отход представлен смесью различных физических форм
21	Кусковая форма	
22	Стружка	
23	Волокно	
29	Прочие формы твердых веществ	
30	**Дисперсные системы**	
31	Жидкое в жидком	Эмульсия
32	Твердое в жидком	Суспензия
33	Твердое в жидком	Паста
39	Прочие дисперсные системы	
40	**Твердые сыпучие материалы**	
41	Порошок	
42	Пыль	
43	Опилки	
49	Прочие сыпучие материалы	

Окончание табл. 6.3

1	2	3
50	**Изделия из твердых материалов, за исключением волокон**	
51	Изделие из одного материала	
52	Изделия из нескольких материалов	
53	Изделия, содержащие жидкость	
54	Изделия, содержащие газ	
60	**Изделия из волокон**	
61	Изделие из одного волокна	
62	Изделия из нескольких волокон	
70	**Смеси твердых материалов и изделий**	
71	Смесь твердых материалов (включая волокна)	
72	Смесь твердых материалов (включая волокна) и изделий	

Таблица 6.4

Виды отходов ФККО-2002 (2003)
с неустановленными классификационными признаками

№ п/п	**Код по ФККО-2002**	**Наименование отхода по ФККО-2002**	**Примечание**
1	2	3	4
1	12300100 00 99 5	Отходы растительных восков	Не установлено происхождение (производство, процесс)
2	12600100 02 00 4	Отходы смазочных и гидравлических масел из растительного сырья	Не установлено происхождение (производство, процесс)
3	31403401 11 00 4	Пыль древесного угля	Не установлено происхождение (производство, процесс)
4	31403402 08 99 5	Отходы древесного угля в кусковой форме	Не установлено происхождение (производство, процесс)
5	31403602 08 99 5	Отходы бетонной смеси с содержанием пыли менее 30 %	Не установлено происхождение (производство, процесс)
6	31406001 11 00 4	Пыль глазури (эмали)	Не установлено происхождение (производство, процесс)

Продолжение табл. 6.4

1	2	3	4
7	31604401 04 00 4	Шлам асбестовый, не загрязненный опасными веществами	Не установлено происхождение (производство, процесс)
8	51300600 00 01 1	Отходы оксида хрома шестивалентного	Не установлено происхождение (производство, процесс)
9	54800200 00 00 2	Отходы кислых смол, кислого дегтя	Не установлено происхождение (производство, процесс)
10	55302001 02 07 2	остатки пиридина, потерявшего потребительские свойства	Не установлено происхождение (производство, процесс), отсутствует в отчетности
11	55302101 02 15 3	остатки сероуглерода, потерявшего потребительские свойства	Не установлено происхождение (производство, процесс), отсутствует в отчетности
12	55305801 02 01 1	остатки крезола, потерявшего потребительские свойства	Не установлено происхождение (производство, процесс), отсутствует в отчетности
13	57100200 01 00 5	Отходы твердых сложных полиэфиров	Не установлено происхождение (производство, процесс)
14	57500401 01 00 5	резинометаллические отходы	Не установлено происхождение (производство, процесс)
15	57100500 13 00 5	Шнуры синтетические, потерявшие потребительские свойства	Неоднозначность состава
16	57100700 01 00 5	Отходы формовочных масс (термореактивной пластмассы) затвердевшие	Не установлено происхождение (производство, процесс), компонентный состав
17	57100903 01 00 5	отходы клеенки на тканевой основе	Не идентифицирована продукция по ОК 034–2014
18	57100904 01 00 5	отходы клеенки на бумажной основе	Не идентифицирована продукция по ОК 034–2014
19	57101100 01 00 5	Отходы затвердевших полиамидов	Не установлено происхождение (производство, процесс)
20	57101200 01 00 5	Отходы жесткого пенопласта (исключая поливинилхлоридный)	Неоднозначность состава, является группой

Продолжение табл. 6.4

1	2	3	4
21	57101300 13 00 5	Шланги пластмассовые, потерявшие потребительские свойства	Неоднозначность состава
22	57102000 01 00 5	Отходы затвердевшего поливинилацетата	Не установлено происхождение (производство, процесс)
23	57102100 01 00 5	Отходы затвердевшего поливинилового спирта	Не установлено происхождение (производство, процесс)
24	57102200 01 00 5	Отходы затвердевшего поливинилацеталя	Не установлено происхождение (производство, процесс)
25	57102800 01 00 5	Отходы затвердевших полиолефинов (кроме полиэтилена и полипропилена)	Не установлено происхождение (производство, процесс)
26	57103300 01 00 5	Отходы затвердевшего компаунда	Не установлено происхождение (производство, процесс)
27	57109900 01 00 4	Отходы смеси затвердевших разнородных пластмасс	Не установлено происхождение (производство, процесс)
28	57500104 01 00 5	Резиновая крошка, резиновый скрап	Не установлено происхождение (производство, процесс)
29	57500500 01 00 5	Отходы пленки (накипи) латекса	Не установлено происхождение (производство, процесс)
30	57800100 01 00 4	Отходы полимерных материалов из размалывающих устройств (легкие фракции)	Не установлено происхождение (производство, процесс)
31	57800200 11 00 4	Пыль полимерных материалов с фильтров размалывающих устройств	Не установлено происхождение (производство, процесс)
32	58100400 01 99 5	Отходы целлюлозного волокна	Не установлено происхождение (производство, процесс)
33	58100700 01 00 5	Отходы смешанного волокна	Не установлено происхождение (производство, процесс), состав
34	58100800 13 00 5	Отходы веревок и канатов	Не установлено происхождение (производство, процесс)

Окончание табл. 6.4

1	2	3	4
35	59200500 04 01 1	Шлам, содержащий тетраэтилсвинец (антидетонационные присадки)	Не установлено происхождение (производство, процесс), отсутствует в отчетности
36	91200500 01 00 5	Мусор от бытовых помещений организаций крупногабаритный	Должен идентифицироваться по группам изделий.

Таблица 6.5

Биологические и медицинские отходы ФККО 2002 (2003), не включенные в ФККО 2014

№ пп	Код вида отходов по ФККО-2002	Наименование вида отходов по ФККО-2002
1	2	3
1	1230020000995	Отходы животных восков
2	1230030000004	Отходы растительных жиров
3	1230040000004	Отходы животных жиров
4	1230050001004	Отходы шквары
5	1250020000004	Отходы из жироотделителей, содержащие животные жировые продукты
6	1250040106004	– масляные эмульсии от мойки оборудования производства животных жиров
7	1320010001005	Отходы щетины
8	1320020101005	– отходы костей животных
9	1320020201005	– отходы костей птицы
10	1320030199005	– отходы внутренностей крупного рогатого скота
11	1320030299005	– отходы внутренностей мелкого рогатого скота
12	1320030399005	– отходы внутренностей птицы
13	1320040001005	Отходы мяса, кожи, прочие части тушки несортированные от убоя домашней птицы
14	1320050001005	Отходы мяса животных и птицы
15	1320060002005	Отходы крови животных и птицы
16	1320070001004	Отходы перьев и пуха
17	1320080099005	Содержимое желудка и кишок (каныга)
18	1320090000005	Отходы от убоя диких животных
19	1320100001005	Отходы мяса, кожи, прочие части туши несортированные от убоя домашних животных
20	1320110001005	Отходы конского волоса
21	1320120001005	Отходы рогов и копыт
22	1330030000005	Отходы кишок от переработки мяса животных

Окончание табл. 6.5

1	2	3
23	1330080000005	Отходы от производства консервов из мяса животных
24	1330110000005	Отходы желатина
25	1340000000000	Отходы от переработки мяса птиц
26	1340080000005	Отходы от производства консервов из мяса птиц
27	1350010001005	Рыба мороженая, некондиционная
28	1350020001005	Чешуя рыбная
29	1350030000005	Отходы от переработки рыбы
30	1350200001005	Отходы раковин и панцирей моллюсков, ракообразных, иглокожих
31	1410010000004	Мездра
32	1410020001004	Спилок сырой при обработке шкур
33	1410030001004	Спилок желатиновый при обработке шкур
34	1410040001005	Шкуры необработанные некондиционные, а также их остатки и обрезки
35	9710000000000	Медицинские отходы

Таблица 6.6

Виды отходов ФККО-2002 (2003), которые планируется включить в дополнение 1 к ФККО 2014

№ пп	Код по ФККО-2002	Наименование вида по ФККО-2002	Код по ФККО-2014	Наименование вида по ФККО-2014
1	2	3	4	5
1	3531011508995	Опилки алюминиевые незагрязненные	3 61 213 15 43 5	опилки алюминиевые незагрязненные
2	5810050001995	Отходы шерстяного волокна (включая очесы, прядильные отходы и расщипанное сырье)	3 02 131 11 23 5	отходы прядомые шерстяные
			3 02 131 21 23 5	отходы непрядомые шерстяные
			3 02 131 31 23 5	отходы перемотки и вязания
3	5810110101995	Обрезки и обрывки тканей из полиамидного волокна	3 03 111 21 23 5	обрезки и обрывки тканей из полиамидного волокна
4	5810110201995	Обрезки и обрывки тканей из полиэфирного волокна	3 03 111 22 23 5	обрезки и обрывки тканей из полиэфирного волокна
5	5810110301995	Обрезки и обрывки тканей из полиакрилового волокна	3 03 111 23 23 5	обрезки и обрывки тканей из полиакрилового волокна

Окончание табл. 6.6

1	2	3	4	5
6	5710170001005	Отходы затвердевших полиакрилатов, поликарбонатов, органического стекла	4 34 161 01 51 5	лом и отходы изделий из поликарбонатов незагрязненные
7	5710170001005	Отходы затвердевших полиакрилатов, поликарбонатов, органического стекла	4 34 199 02 20 5	отходы продукции из полиметилметакрилата (органического стекла) незагрязненные

Мониторинг содержания мелкозернистой пыли в процессе добычи полезных ископаемых. Мелкодисперсные частицы пыли, выделяющиеся в процессе добычи нерудных полезных ископаемых в воздух городской среды и рабочую зону способны находиться во взвешенном состоянии от нескольких дней до нескольких недель. Содержание твердых частиц, особенно мелких, в атмосфере города, ослабляет проникающую способность солнечной радиации, снижает видимости, увеличивает вероятность образование туманов и смога. Для здоровья человека, наибольшую опасность представляют частицы пыли размером до 5 мкм. Они легко проникают в легкие и там оседают, вызывая бронхиты, астму и разрастание соединительной ткани, которая не способна передавать кислород из вдыхаемого воздуха гемоглобину крови и выделять углекислый газ. Частицы пыли диаметром 10 мкм (PM_{10}) и с диаметром 2,5 мкм ($PM_{2,5}$) практически не оседают и находятся в постоянном броуновском движении. Нормирование частиц пыли PM_{10} и $PM_{2,5}$ в России отсутствовало до 21 июня 2010 г., когда были введены ГН 2.1.6.2604–10. Мониторинг содержания частиц пыли PM_{10} и $PM_{2,5}$ не осуществлялся и фактически отсутствует в настоящее время.

В настоящей работе оптимизированы свойства пыли, выделяющейся в процессе добычи нерудных полезных ископаемых в воздухе рабочей зоны. В качестве параметров оптимизации принята концентрация мелкодисперсных частиц пыли. Варьируемыми факторами являлись влажность грунта и расстояние от источника пыления. Измерения содержания мелкодисперсной пыли в атмосферном воздухе и воздухе рабочей зоне осуществлялись при помощи электроаспираторов ПУ-3Э/12. Для вычисления коэффициентов уравнения регрессии ис-

пользован модуль «Нелинейное оценивание» пакета программ статистического анализа «STATISTICA 6.0». Значимость коэффициентов проверяли, сопоставляя табличные значения критерия Стьюдента с расчетными при доверительной вероятности p = 95 % и числе степеней свободы f = 28 t_T =2,248. Проверка адекватности уравнений, проводилась по критерию Фишера [5].

Концентрация мелкодисперсных частиц пыли в зависимости от влажности грунта и расстояния от источника пыления описывается экспоненциальной зависимостью вида:

$$Y=A\,e^{B},$$

где A и B – эмпирические коэффициенты.

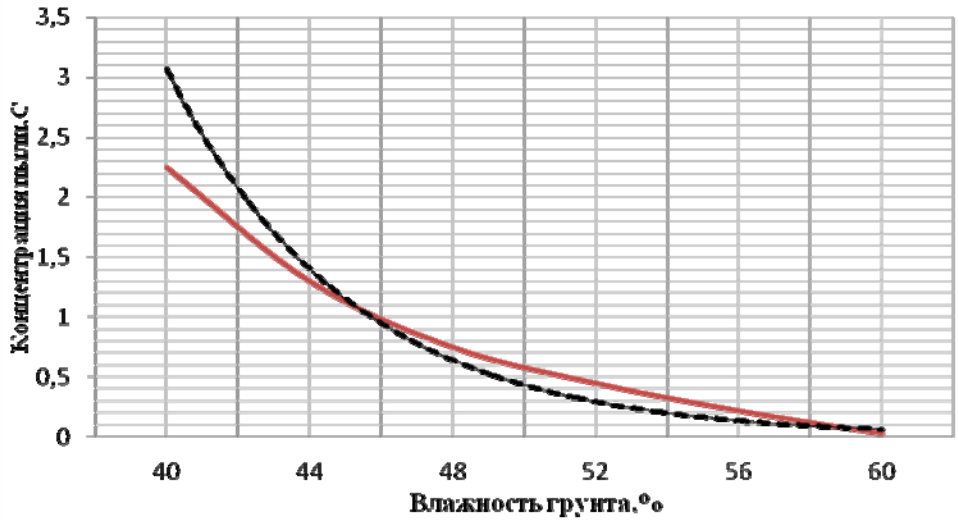


Рис. 6.1. Изменение концентрации пыли в зависимости от влажности грунта:
– зависимость по экспериментальным данным;
– – – – зависимость по математической модели

Методом наименьших квадратов выполнен расчет изменения концентрации пыли от влажности грунта (1) и расстояния от источника пыления (2):

$$C = 6{,}7116e^{-0{,}784\,w}; \qquad (1)$$

$$C = 0{,}1312e^{-0{,}288\,l}, \qquad (2)$$

где C – концентрация пыли, мг/м^3;
w – влажность грунта, %;
l – расстояние от источника пыления, м.

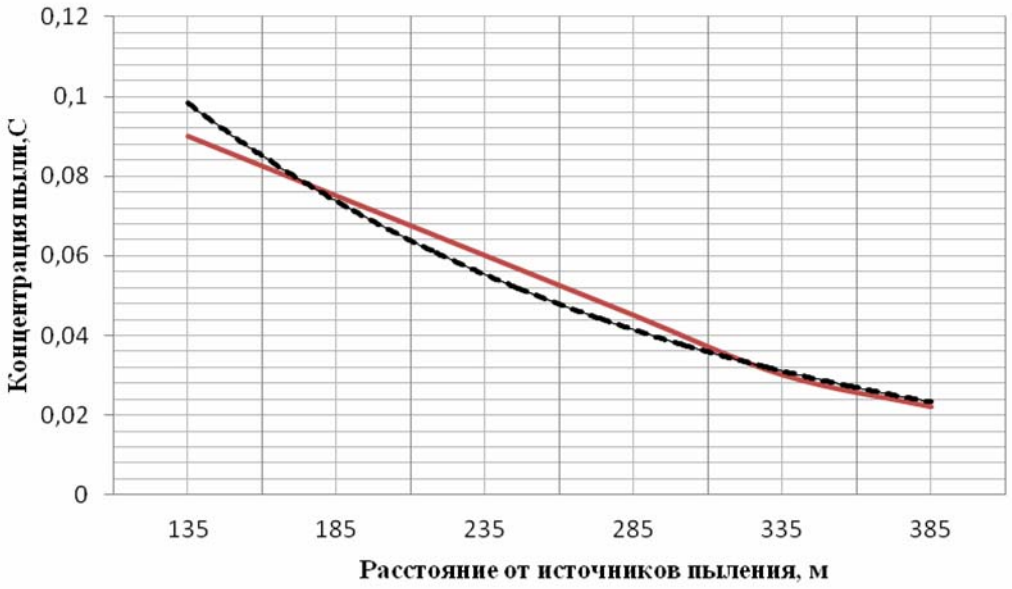


Рис. 6.2. Изменение концентрации пыли в воздухе рабочей зоны от источника пыления:

– зависимость по экспериментальным данным;

– – – – зависимость по математической модели

Как следует из рис. 6.1 и 6.2, концентрация пыли уменьшается с увеличением влажности грунта, что обусловлено агрегацией частиц. Концентрация мелкодисперсных частиц пыли по мере удаления от источника пылевыделения также уменьшается, и во всех случаях соответствует $ПДК_{м.р.}$

6.2. Рекультивация и характеристика рекультивационных работ на отработанных карьерах

Промышленная деятельность человека, проявляющаяся в местах добычи полезных ископаемых, их обогащения и переработки, приобретает все большую опасность для окружающей среды. Как показывает практика, на один гектар нарушенной разработками территории приходится не менее одного гектара прилегающей территории, находящейся под негативным влиянием, что обусловлено наличием земель, занятых отвалами при проведении вскрышных работ, промышленными площадками, транспортными коммуникациями и прочее. Необходимость возврата нарушенных карьерными разработками земель в хозяйственный оборот при осуществлении добычи полезных ископаемых, становится весьма актуальной задачей. Основной целью рекультивации нарушенных земель является восстановление их продуктивности и

народнохозяйственной ценности. Рекультивация предусматривает не только восстановление карьера (приведение его в безопасное состояние), но и технически полезное использование горной выработки.

В качестве рекультиванта отработанных карьерных выработок в настоящей монографии предложено использовать: отходы добычи нерудных каменных материалов, а также малотоксичные промышленные отходы производства и потребления. Предлагаемое направление использования промышленных отходов, в том числе отходов добычи нерудных природных каменных материалов в качестве рекультиванта отработанных карьеров, обусловлено физическим сродством образуемых отходов и материалов карьерной выработки [38, 83].

Добыча полезных ископаемых сопровождается разрушением почвенного покрова и естественных ландшафтов. В результате проведения горных работ разрушается геологическая среда. Вынос на поверхность глубинных каменных пород способствует изменению рельефа местности, образованию депрессионных воронок, а также нарушает природное равновесие и разрушает сложившиеся природные биоценозы. При этом отрицательное воздействие техногенных земель на окружающую среду проявляется не только сегодня, но и в будущем [38, 67].

Карьер представляет собой совокупность горных выработок, образованных при добыче полезного ископаемого открытым способом. Так, например, в угольной промышленности карьер обычно называют разрезом, в практике разработки россыпей – полигоном. Форма карьеров определяется условиями залегания полезного ископаемого и геометрией разрабатываемого пласта.

Для отработанного карьера характерно наличие значительного количества отвалов вскрышных пород. В соответствии с геологическими условиями и принятой технологией разработки месторождения, глубина карьерных выемок составляет от 2 до 25 м. Высота отвалов вскрышных пород, в зависимости от способа их транспортировки, достигает обычно 8–12 м. Высота отвалов обогащения может составлять от 2–3 метров при гидравлическом транспорте, до 15–20 м – при использовании транспортных механизмов. Высота дражных отвалов, весьма распространенных в долинах рек, составляет 8–15 м.

Открытый способ разработки является основным в технологическом процессе добычи, что вызывает увеличение территорий, которые частично или полностью подвергаются нарушению. Интенсивное развитие открытых работ сопровождается ростом объемов и, соответственно, отвалов вскрышных пород. В связи с этим, в целях сохранения экологической среды обитания и снижения отрицательного воздейст-

вия на неё нарушенных земель необходимо поэтапное проведение рекультивации земельных участков, используемых при разработке месторождений полезных ископаемых [38].

На основании литературного анализа можно выделить несколько основных категорий освоения земель: сельскохозяйственное, лесохозяйственное, водохозяйственное, строительное, рекреационное, комбинированное. Рекультивации подлежат нарушенные земли всех категорий, а также прилегающие земельные участки, полностью или частично утратившие продуктивность в результате отрицательного воздействия на них нарушенных земель. Рекультивация земель производится в несколько этапов.

Первый этап — подготовительный, предусматривает обследование нарушенных территорий, определение направления рекультивации, технико-экономическое обоснование и составление проекта рекультивации.

Второй этап — техническая рекультивация. Техническая рекультивация в зависимости от региональных условий может включать также промежуточную стадию — химическую мелиорацию. Техническую рекультивацию обычно обеспечивают предприятия, разрабатывающие полезные ископаемые. Необходимость рекультивации земель, нарушенных карьерными разработками, оказывает большое влияние на технологию и экономические показатели разработок, включая выбор способа разработки, тип отвалообразования, используемых средств механизации вскрышных и отвальных работ и средств транспортировки пород в отвалы. В процессе горнотехнической рекультивации предусматривается формирование отвалов с покрытием их поверхности плодородным слоем, планирование поверхности отвалов, формирование террас, приведение в устойчивое состояние откосов и оснований карьеров, утилизация пород отвалов и др.

Третий этап восстановления нарушенных земель — биологический этап рекультивации. Биологический этап рекультивации осуществляется после полного завершения технического этапа. Биологический этап рекультивации состоит в восстановлении почвенного покрова. В результате биологической рекультивации обеспечивется формирование почвенного слоя, структуривание почвы, накопление гумуса и питательных веществ и доведение свойств почвенного покрова до состояния, отвечающего требованиям сельскохозяйственных культур, намечаемых к возделыванию. Целью проведения биологической рекультивации является восстановление плодородия и биологической продуктивности нарушенных земель.

Эффективность биологической рекультивации в значительной степени зависит от накопления гумуса, который предопределяется появлением высших растений. Процесс накопления гумуса достаточно длителен, поэтому для ускорения гумусообразования рекомендуется применять активные микроорганизмы, способствующие накоплению органических веществ и элементов питания для высших растений. С этой целью, например, используется сплошное нанесение микроорганизмов на восстанавливаемую поверхность почвенного слоя. На биологическом этапе проводится посадка древесно-кустарниковых насаждений с ветвящейся корневой системой и посев многолетних трав, которые дают плотную быстрообразующуюся дернину. Содержание гумуса в плодородном слое почвы доводят до двух или более процентов.

В общем, рекультивация рассматривается как совокупность двух последовательных этапов – технического и биологического. Совокупность технической и биологической рекультивации следует рассматривать как комплекс работ, направленных на воспроизводство и улучшение всего нарушенного природно-территориального комплекса в целом.

После проведения технической и биологической рекультивации предусматривается дальнейшее использование территории и пространства отработанных горных выработок.

Как правило, рекультивацию проводят с целью использования территории под сельскохозяйственные угодья. При сельскохозяйственном направлении рекультивации земель, формируемые участки должны быть удобными по рельефу, размерам и форме. Перед подготовкой земель под пашню на малопродуктивные породы наносят плодородный слой почвы. В случаях отсутствия требуемого количества почвенного грунта наносят потенциально плодородные породы. Для формирования корнеобитаемого слоя проводят агротехнические и мелиоративные мероприятия по повышению плодородия потенциально плодородных пород с последующим выращиванием на них однолетних, многолетних злаковых и бобовых культур.

По окончании работ по рекультивации земель при сельскохозяйственном направлении их использования необходимо заключение агрохимической и санитарно-эпидемиологической служб об отсутствии опасности выноса растениями веществ, токсичных для человека и животных [38, 67].

Формирование техногенного рельефа с заданными геометрическими параметрами осуществляется после окончания добычи полезного ископаемого в зависимости от функционального назначения террито-

рии. Известно значительное количество вариантов рекультивации отработанных карьеров с частичным или полным восстановлением гипсометрических уровней. Однако известные варианты, как правило, связаны со значительными финансовыми затратами на их проведение [67]. Наиболее частыми вариантами рекультивации карьерных выемок являются засыпка их породой из отвалов и заполнение водой. Засыпка карьерных выемок породой не представляет технических трудностей, способствует ликвидации отвалов и освобождению земель, которые можно использовать под сельскохозяйственные угодья. Карьерные выемки можно практически полностью заполнить водой и создать в них искусственные водоемы. Однако указанные варианты рекультивации оправданы лишь для карьеров небольшой глубины при наличии достаточного количества отработанной породы и плодородной почвы.

Глубокие карьеры можно использовать после частичной засыпки породой и уплотнения нижней части глинистым грунтом для водоемов, заполняя выработки на небольшую глубину. Такие карьеры могут эффективно использоваться для строительства гидроаккумулирующих электростанций, работающих с применением падающей воды.

В зависимости от характера и цели использования нарушенных земель проводится их соответствие санитарно-гигиеническим, сельскохозяйственным и т.п. требованиям.

6.3. Использование отходов в качестве рекультивационных материалов для заполнения выработанного пространства карьеров

Как показано ранее, добыча полезных ископаемых открытым способом влечет за собой образование большого количества карьеров, которые наносят значительный ущерб окружающей среде и нуждаются в рекультивации [38, 67]. С учетом комплексного подхода к рассматриваемой проблеме рекультивация может подразумевать под собой не только приведение карьера в безопасное состояние с полным восстановлением гипсометрических уровней, но и технически полезное использование горной выработки. Поскольку извлеченные полезные ископаемые безвозвратно использованы, единственными рекультивационными материалами могут выступать отходы производства и потребления. В настоящее время их размещение в карьерной выемке осуществляется бессистемно, без учета реакционной способности компонентов,

что приводит, в конечном итоге, к дальнейшему нарушению природно-технических систем в ареалах карьерных выемок. Некоторые отходы, в основном инертные минеральные, могут напрямую использоваться в качестве материалов, заполняющих выработанное пространство карьера. Большинство отходов, особенно органоминеральных, требует предварительной подготовки перед размещением, способствующей повышению химической индифферентности компонентов, с тем, чтобы при восстановлении деградированной территории приблизить их свойства к природным материалам выемки.

Незаменимым рекультивационным материалом карьерных выработок могут служить отходы производства и потребления. Как известно, функционирование любого предприятия сопровождается образованием отходов. Более 90 % образующихся отходов составляют нетоксичные промышленные отходы добывающей и перерабатывающей промышленности, относящиеся к IV и V классам опасности [7, 10, 67]. Несмотря на существование значительного количества технологий обезвреживания, регенерации ценных компонентов и утилизации отходов, количество повторно используемых отходов не превышает 30...35 %, а темп образования отходов опережает темп внедрения технологических решений по их утилизации [74]. Значительное количество производственных отходов, характеризующихся высоким классом опасности, требуют выполнения особых условий при размещении их в окружающей среде [38, 67]. По своим физико-механическим и биологическим показателям отходы, используемые в качестве рекультивационных материалов, должны максимально соответствовать материалу карьера [38, 83].

Особую озабоченность вызывают отходы гальванического производства, так называемые гальванические шламы (ГШ), образуемые в основном в результате очистки гальванических сточных вод (СВ) [100, 103]. Поскольку масштабы образования ГШ велики, возможность размещения данных отходов на территории подавляющего большинства предприятий полностью исчерпана. Шламонакопители многих предприятий, расположенные на полигонах, либо полностью заполнены, либо близки к исчерпанию своих ресурсов и находятся в технически неудовлетворительном состоянии. Размещение гальванических отходов в шламонакопителях характеризуется отсроченными экологическими рисками. Используя известную технологию ферритизации ГШ, позволяющую переводить гальванические отходы из III в IV и V класс опасности, предлагается производить их захоронение в отработанных карьера [100, 101, 103].

Одним из наиболее эффективных способов подготовки органоминеральных отходов к использованию для рекультивации нарушенных земель является компостирование. Однако современные воззрения на процесс рекультивации карьеров требуют усовершенствования технологий компостирования отходов с целью их эффективного обеззараживания, минерализации, корректировки состава.

При заполнении карьеров отходами рекультивируемый объект фактически становится полигоном, который должен соответствовать целому ряду природоохранных требований. Поэтому для осуществления рекультивации отработанных карьеров данными отходами необходимо разработать научное геоэкологическое обоснование их безопасного размещения и технические методы утилизации [22].

При выборе отходов для использования их в качестве рекультивационных материалов предпочтение отдается малотоксичным отходам табл. 6.7.

Таблица 6.7

Наиболее распространенные виды промышленных отходов Пензенской области

Виды отходов	Объем образования, тыс. $м^3$/год
Отходы огнеупоров	45
Строительные отходы (отходы демонтажа зданий, ремонта дорог и производства стройматериалов)	975
Отходы металлургического производства	100
Отходы резины (отработанные покрышки и камеры, отходы гранулята, крошки и пыли)	62
Углеводородсодержащие отходы (отходы битумов, рубероида и асфальта)	195
Обезвоженные осадки КОС	765
Растительные отходы	286
Древесные отходы (отходы деревообработки и деревянной упаковки, отходы лесоразработок и опил деревьев)	68
Отходы цементной промышленности, известьсо-держащие отходы	90
Обезвоженные осадки КОС	765

Отбор отходов для заполнения выработанного пространства карьера проводится с учетом их свойств. Например, для формирования защитного слоя и подсыпки под гидроизоляционный экран используются сыпучие мелкодисперсные малотоксичные отходы, для формирования ряда объемных структурных элементов карьера и выполаживания отко-

сов применяются отходы с высокой механической прочностью, низким коэффициентом пористости и т.д. Анализ свойств и характеристик отходов по названным факторам позволяет определить возможность их использования в качестве рекультивационных материалов и найти соответствие вида отходов структурному элементу отработанного карьера – табл. 6.7 [11].

Одним из направлений рекультивации отработанных карьеров является организация на их основе полигонов. В качестве рекультивационных материалов выступают отходы. Таким образом, достигается экономия природных рекультивационных материалов, частичное восстановление нарушенного ландшафта с одновременным решением проблемы размещения отходов.

Рекультивация карьеров с организацией полигона захоронения отходов выполняется в несколько этапов:

– геоэкологическое обследование карьера;

– санитарно-эпидемиологическое и физико-химическое обследование отходов как рекультивационного материала;

– составление проекта рекультивации карьера и проекта организации полигона захоронения отходов;

– техническую рекультивацию карьера для строительства полигона;

– техническую рекультивацию полигона;

– биологическую рекультивацию полигона;

– эксплуатацию полигона.

Таблица 6.8

Рекомендуемые виды отходов для размещения в заданных структурных элементах карьера

Рекомендуемые виды отходов	Структурный элемент карьера, в котором использован данный отход
1	2
Отходы огнеупоров	Горизонтальные и наклонные плоскостные элемента
Строительные отходы (отходы демонтажа зданий, ремонта дорог и производства стройматериалов)	Фрагментные элементы отсекающих дамб и контурных призм
Отходы металлургического производства	
Отходы резины (отработанные покрышки и камеры, отходы гранулята, крошки и пыли)	Слоевое пространство, включающее пленочный гидроизоляционный экран
Углеводородсодержащие отходы (отходы битумов, рубероида и асфальта)	

Окончание табл. 6.8

1	2
Обезвоженные осадки КОС	Слоевое пространство выработки, в целом, занятое биоразлагаемыми отходами. Фрагментные элементы временных карт биотермической обработки
Растительные отходы	Слоевые пространства, занимаемые материалами биологической рекультивации поверхности, биоразлагаемыми отходами. Фрагментные элементы временных карт биотермической обработки
Древесные отходы (отходы деревообработки и деревянной упаковки, отходы лесоразработок и опил деревьев)	

Использование отработанных карьеров в качестве основы для строительства полигонов способствунт сокращению площади плодородных земель, отводимых под объекты размещения отходов. Это особенно актуально, в связи с необходимостью размещения больших объемов неутилизируемых органоминеральных отходов. Данные отходы образуются в результате жизнедеятельности человека и деятельности торговых предприятий, медицинских и образовательных учреждений, муниципальных служб и т.д. За последнее десятилетие в России их количество удвоилось и в 2003 г. превысило 100 млн т. Темп прироста составляет по объему 3–5 % в год, по массе – 0,5–1,0 % в год [25]. Количество промышленных отходов достигает сотен миллионов кубических метров. Постоянный рост производства обусловливает появление новых видов неутилизируемых промышленных отходов. Это, в свою очередь, как отмечалось выше, требует постоянного увеличения площадей земель, изымаемых из использования для организации полигонов твердых коммунальных и промышленных отходов. Даже в развитых странах захоронение неутилизируемых органоминеральных отходов на полигонах и организованных свалках остается основным методом их удаления. Так, в Австралии и Канаде на полигонах и свалках размещаются 90 % всех отходов, в США – порядка 80 %, в Испании и Германии – 66 %. На 2003 год в России 85 % от общего объема образующихся отходов размещаются в окружающей природной среде и только 15 % перерабатываются и сжигаются на мусороперерабатывающих и мусоросжигательных заводах. Ежегодно в России для организации полигонов размещения отходов отчуждается более 10 тыс. гектаров пригодных для использования земель, не считая территории под несанкционированными свалками [26]. Состав и разнообразие видов промышленных отходов зависят от технологии производства и количества предприятий, на которых они образуются [74].

Морфологический состав твердых бытовых отходов, образующихся в населенных пунктах РФ, характеризуется такими компонентами как бумага, пищевые отходы, дерево, металл, текстиль, кости, стекло, резина, кожа, пластмасса и др. При этом соотношение вышеперечисленных компонентов, их фракционный и количественный состав определяются климатическими и географическими особенностями, численностью населения, культурным и экономическим уровнем развития населения, степенью благоустроенности жилищного фонда, наличием или отсутствием первичной сортировки отходов и др. [25–26]. Анализ компонентного состава свидетельствует о том, что несанкционированное размещение отходов на свалках оказывает существенное негативное воздействие на окружающую природную среду: загрязнение почв и грунтовых вод, наземных водоемов, загрязнение атмосферного воздуха [67]. Основной причиной опасности неорганизованного размещения отходов является их разложение под действием абиотических факторов окружающей среды.

При размещении органоминеральных отходов наблюдается загрязнение атмосферного воздуха легколетучими токсичными компонентами. За счет этого в ареале свалок происходит превышение нормативных значений концентраций ряда химических соединений. На организованных полигонах предусматриваются специальные мероприятия для сокращения выбросов легколетучих компонентов, учитывающие физико-химические и механические свойства отходов.

Аэробное и анаэробное разложение компонентов характеризуется образованием биогаза и фильтрата. Выделение биогаза наблюдается в течение длительного периода после размещения твердых бытовых отходов в окружающей природной среде. В среднем с 1 т промышленных отходов теоретически образуется до 400 м^3 биогаза, 70–80 % которого выделяется за 10–15 лет функционирования свалок. В первые 4–5 лет скорость выделения биогаза составляет от 15 до 180 м^3/т. На свалках наблюдается неконтролируемое выделение биогаза со всей территории, занятой отходами. В случае размещения коммунальных отходов на полигонах предусматривается организация газо-дренажной сети и сжигание образующегося биогаза. Таким образом, формируется организованный источник выделения биогаза. Это способствует снижению риска возникновения пожароопасных ситуаций на полигоне.

При размещении органоминеральных отходов наблюдается загрязнение атмосферного воздуха легколетучими токсичными компонентами. За счет этого в ареале свалок происходит превышение нормативных значений концентраций ряда химических соединений. На органи-

зованных полигонах предусматриваются специальные мероприятия для сокращения выбросов легколетучих компонентов, учитывающие физико-химические и механические свойства отходов.

Загрязнение подземных и поверхностных водоисточников в ареале несанкционированных свалок объясняется образованием фильтрата. Степень воздействия на гидросферу определяется количеством образующегося фильтрата и степенью его загрязненности химическими соединениями в зависимости от состава размещаемых отходов [26].

Технически полезное использование объема выработки в качестве полигона для временного хранения малоопасных промышленных отходов требует системного анализа отработанных карьеров. В качестве основных составляющих системного анализа отработанных карьеров предложены следующие критерии (рис. 6.3):

– ресурсные, характеризующие соответствие объема горной выработки объему рекультивируемого материала.

– технические, предусматривающие пространственные (конструктивные) особенности карьеров и масштабы их добычи;

– экологические, включающие природные и антропогенные факторы территории размещения карьера.

Рис. 6.3. Экологические критерии отработанных карьеров

Отбор карьеров рекомендуется производить в два этапа. Первоначально отбор карьеров производится по экологическим критериям – размещения отходов рис. 6.3. В систему оценки отнесены требования, предъявляемые к территориям размещения полигонов относительно их взаимного расположения с рядом природных, хозяйственных, жилищных и культурно-оздоровительных объектов.

Вторым этапом является отбор карьеров по техническим критериям. Отношение объема выработанного пространства и материального рекультивирующего потока отходов определяет время заполнения отработанного карьера отходами. Каждый отработанный карьер по продолжительности заполнения пространства входит в рациональную, условно-рациональную и нерациональную зоны.

Рациональная зона ограничена интервалом срока эксплуатации полигона от 10 до 20 лет, условно-рациональная зона – от 5 до 10 и от 20 до 30 лет, нерациональная зона – ниже 5 и больше 30 лет [38].

Рис. 6.4. Технические критерии отработанных карьеров месторождений Пензенской области

Такой системный подход к отбору отработанного карьера для строительства полигона размещения отходов, его дифференцирование на структурные элементы, анализ механических и физико-химических свойств рекультивируемого материала (отходов) для определения их соответствия заданным структурным элементам дополняются классическим алгоритмом проведения работ по рекультивации отработанных карьеров. В результате определяется возможность рекультивации того или иного отработанного карьера с помощью отходов, с учетом нормированного воздействия полигона на состояние окружающей среды в ареале горной выработки.

7. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА МЕСТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

На этапе новых экономических отношений создание эффективных местных строительных материалов, характеризуемых пониженными технико-экономическими показателями, является актуальным [7, 13, 26]. Предлагаемое производство местных строительных материалов выгодно отличается от традиционных и способствует [37]:

– расширению сырьевой базы, поскольку производство строительных материалов предполагает использование местных измельченных строительных песков, месторождения которых имеются практически в каждом регионе РФ;

– обеспечению требуемых показателей предлагаемых строительных материалов, содержащих в своем составе тонкомолотый минеральный наполнитель и органическую составляющую – СП С-3;

– производство на основе местных песков смешанного вяжущего и его использование для получения цементных композиций значительно эффективнее по сравнению с серийно выпускаемыми цементами.

– снижение себестоимости строительства обусловлено снижением транспортных затрат;

Вместе с тем предлагаемое производство местных строительных материалов требует дополнительных капитальных вложений и энергозатрат, связанных с технологией сушки и фракционирования, совместного помола минерального наполнителя как на стадии заводского производства, так и на стадии транспортирования их на строительные объекты [28].

Дополнительные удельные капитальные вложения на приобретение оборудования и его монтаж в связи с удорожанием технологии изготовления по ориентировочным расчетам составляют 15–20 %. На стадии транспортирования применение местных материалов при получении мелкозернистого бетона нового поколения позволяет:

– сократить транспортные расходы в среднем на 40–50 % за счет использования местных материалов;

– снизить потери материала, неизбежные при транспортировке, выгрузке и переработке.

В связи с этим технико-экономическая эффективность производства местных строительных материалов по сравнению с традиционно ихготовляемыми оценивется на следующих технологических переде-

лах: на стадии заводского производства и стадии транспортирования на строительные объекты (рис. 7.1).

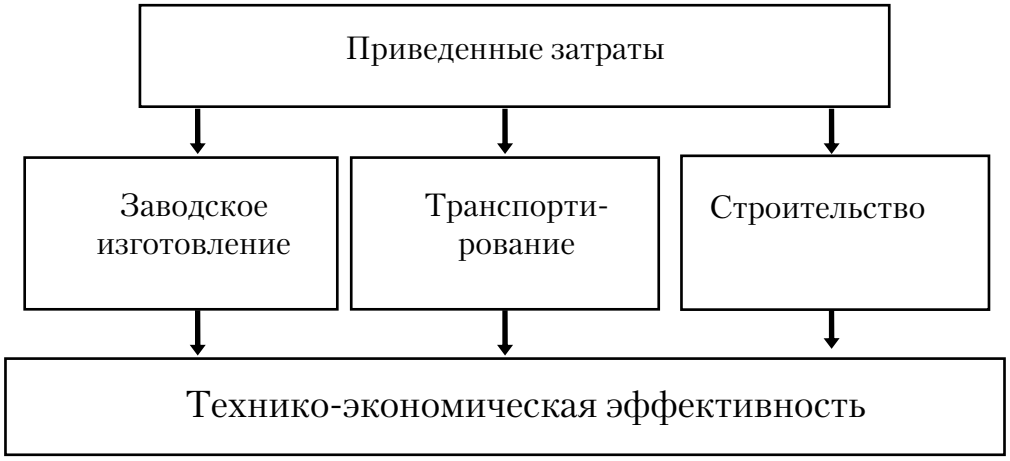


Рис. 7.1. Схема технико-экономической эффективности производства местных строительных материалов

Производство местных строительных материалов целесообразно производить на базе существующего отечественного оборудования на заводах железобетонных изделий после проведения реконструкции. Указанная реконструкция экономична, так как затраты на реконструкцию бетоносмесительного отделения в несколько раз дешевле затрат на новое строительство. Стоимость готовой продукции обещает быть дешевле привозной в три раза, а по некоторым материалам – в пять раз.

Ожидаемые социальные результаты производства местных материалов следующие: улучшение экономии и организации строительных работ, расширение производственной базы и создание новых рабочих мест, применение современных и дешевых строительных материалов.

Технико-экономическая эффективность производства сухих строительных смесей. Сухие строительные смеси, получаемые по предлагаемой технологии, выгодно отличаются от традиционных, поскольку предполагают использование местных строительных песков [28]. Получение сухих смесей на основе местного смешанного вяжущего и его использование для производства низкомарочных строительных растворов, значительно эффективнее по сравнению с серийно выпускаемыми цементами. Производство сухих смесей предполагает также использование отечественных полимерных порошкообразных добавок, значительно отличающихся по стоимости от зарубежных аналогов [28].

В табл. 7.1. представлена характеристика строительных растворов на основе сухих смесей.

Таблица 7.1

Основные физико-технические свойства сухих смесей и строительных растворов на их основе

Наименование показателей	Единицы измерения	Пределы изменения
Степень наполнения смешанного вяжущего цементом	% по массе	10–50
Марка (класс) раствора по прочности на сжатие Прочность на сжатие в возрасте 28 суток	– МПа	М25(В1,5)–М150(В12,5) 2,5–15,0
Водовяжущее отношение	–	0,6–1,4
Насыпная плотность сухой смеси	кг/м^3	900–1450
Плотность раствора	кг/м^3	1710–1990
Плотность растворной смеси	кг/м^3	1750–2100
Водоудерживающая способность	%	95–99
Расслаиваемость	%	0,3–6,0
Деформации усадки	мм/м	1,35–3,06
Прочность сцепления	МПа	0,5–2,5
Морозостойкость раствора марки М100	–	F35-F50

Вместе с тем производство смешанного многокомпонентного вяжущего и его использование обеспечивают дифференцированное получение широкого ассортимента строительных растворов следующих марок по прочности на сжатие: М4, М10, М25, М75, М100, М150, М200 в соответствии с ГОСТ 28013 при содержании в вяжущем цемента, не превышающем 10–50 %. Как правило, такой широкий ассортимент не поставляется на строительные объекты централизованными растворными узлами. В то же время применение химических многофункциональных добавок, в том числе полимерных, позволяет расширить номенклатуру и область применения строительных растворов в зависимости от их функционального назначения [28, 33]. Использование отечественных полимерных порошкообразных добавок снижает стоимость сухих смесей в 2–3 раза по сравнению с зарубежными аналогами.

На стадии транспортирования использование сухих строительных смесей позволяет:

– сократить транспортные расходы за счет неоправданной перевозки воды затворения, так как продукция поставляется в упаковке или инвентарными транспортными средствами – капсулами, смесевозами и т.д.;

– обеспечить ритмичную работу каменщиков независимо от растворного узла, погодных условий и составов рабочих бригад;

– снизить потери материала, неизбежные при транспортировке, выгрузке и переработке.

Традиционные товарные растворы на строительные объекты доставляются автотранспортом. В процессе транспортирования под воздействием физико-химических и механических факторов происходит резкое снижение водоудерживающей способности, подвижности и повышение расслаиваемости смесей, что отрицательно сказывается на их удобоукладываемости. Снижение подвижности растворных смесей, как правило, компенсируется введением дополнительного количества воды. Это, в свою очередь, повышает водоцементное отношение смесей и приводит к снижению прочностных характеритик получаемых на их основе растворов. При этом существенно повышается трудоемкость кладки, снижаются производительность и качественные показатели кладочных и штукатурных работ. В штукатурных покрытиях вышеупомянутые неблагоприятные процессы усугубляются значительным снижением адгезии растворов к различным поверхностям. Сухие строительные смеси лишены этих недостатков.

Улучшение таких технологических свойств растворов, как повышение водоудерживающей способности и подвижности, уменьшение расслаиваемости, позволяет в условиях строительной площадки:

– снизить трудоемкость кладки и нанесения штукатурных покрытий и, как следствие, повысить производительность труда на 20–25 %;

– уменьшить расход сухих смесей на 1 м^3 кладки и 1 м^2 штукатурных покрытий в среднем на 15–20 % за счет снижения потерь и вследствие отсутствия включений крупностью свыше 2,5 мм. Используемые рядовые кварцевые пески содержат крупнозернистые включения и не подвергаются, как правило, соответствующему обогащению при централизованном приготовлении строительных растворов на заводах. Технология получения сухих смесей предусматривает рассев и сортировку заполнителей на фракции.

Преимущество сухих строительных смесей обусловлено такими их качествами, как полная заводская готовность, в результате чего исключается необходимость в приобретении отдельных компонентов для раствора и их смешивании [28].

Гарантируется высокое качество продукции, так как в заводских условиях осуществляется постоянный контроль качества, обеспечивающий заданный состав и сохранение необходимых свойств раство-

ров; а также контролируется снижение потерь в результате порционного приготовления растворов.

Производство сухих смесей ориентировано на потребление готовой продукции не только крупными специализированными организациями, а также частными лицами, мелкими фирмами и предприятиями. Сухие смеси эффективно использовать в сельской местности при строительстве рассредоточенных и удаленных от специализированных растворных узлов объектов. Поэтому производство сухих смесей наиболее эффективно и своевременно в связи с развитием индивидуального строительства. Сухие смеси являются необходимыми материалами при строительстве дачных домов городского и сельского типа.

Потребность в сухих смесях растет и, по убеждениям специалистов, в ближайшее время спрос на них значительно превысит существующее предложение.

Технико-экономическая эффективность производства мелкозернистых порошковых бетонов нового поколения.

Основной целью применения каменной муки в составе модифицированных бетонов является повышение реологической активности пластификаторов и суперпластификаторов и, как следствие, повышение плотности и прочности бетона, вследствие снижения водосодержания смесей и уплотнения структуры бетона. Малоактивные минеральные добавки высокой дисперсности (каменная мука) возможно применять в количестве до 50 % от массы цемента. При использовании тонкодисперсных минеральных наполнителей, суперпластификаторов и активаторов твердения возможно повышение прочности бетона в 1,5–2 раза по сравнению с бетонами без каменной муки. По данным авторов, установлена возможность замены части цемента известняковой мукой, при этом достигнуто сокращение минимального содержания цемента более чем на треть – до 150 кг/м^3. При разработке новых рецептур бетонных смесей и получении бетонов нового поколения помимо традиционных требований к прочности и долговечности все большее значение приобретает потребление энергии на их производство.

В табл. 7.2. приведены основные физико-механические и эксплуатационные показатели порошкового бетона нового поколения.

Улучшение технологических свойств бетонных смесей позволяет в условиях строительной площадки:

– снизить трудоемкость производства работ и, как следствие, повысить производительность труда на 20–25 %;

– уменьшить расход заполнителя в мелкозернистых порошковых бетонах нового поколения.

Таблица 7.2

Основные физико-механические и эксплуатационные показатели порошкового бетона нового поколения

Наименование показателя	Единица измерения	Величина показателя
Плотность бетона	кг/м^3	2400...2500
Прочность при сжатии мелкозернистого порошкового бетона нового поколения (класс бетона)	МПа	80...1000 (60...80)
Прочность при разрыве, не менее	МПа	12...14
Водопоглощение	%	1,2...1,6
Усадочные деформации бетона	мм/м	0,25...0,3
Морозостойкость бетона	циклы	свыше 500

Применение сталефибробетона в строительстве неразрывно связано с вопросами экономики. Для большинства сталефибробетонных конструкций стоимость их по сравнению с железобетонными уменьшается незначительно, а зачастую даже возрастает. Одним из направлений снижения затрат при производстве сталефибробетона и изделий из него является замена промышленно выпускаемой фибровой арматуры на вторичное сырье. Высокая стоимость волокон, используемых при производстве дисперсноармированных бетонов, способствует значительному повышению стоимости таких бетонов. Как показано ранее, использование металлокорда взамен промышленной фибры обеспечивает получение требуемых показателей дисперсноармированного бетона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании теоретических исследований установлена возможность комплексного использования местных сырьевых ресурсов и промышленных отходов в качестве основных и вспомогательных сырьевых компонентов многокомпонентных строительных материалов различного функционального назначения с целью развития экоиндустрии в строительстве. Теоретически и экспериментально обоснована возможность снижения техногенной нагрузки на окружающую среду добычи нерудных полезных ископаемых на примере месторождений Пензенской области.

Выявлены рациональные области использования мелких кварцевых песков, не востребованных в технологии традиционных бетонов, как альтернатива промышленного микрокварца и микрокремнезема. Методом рентгеноструктурного анализа подтверждено активизирующее влияние измельченных кварцевых песков, содержащих в измельченном состоянии активную форму аморфного кремнезема. Раскрыты механизм действия измельченных кварцевых песков, при условии комбинации их с пластифицирующими добавками, усиливающими реакционную активность и технологические свойства местных композиционных материалов различного функционального назначения.

Изучено снижение запыленности атмосферного воздуха в процессе добычи полезных ископаемых. На примере месторождений строительных песков Пензенской области установлены физико-химические свойства образующейся пыли и изменение ее концентрации от технологических и климатических факторов экспоненциальной моделью.

Выполнен анализ негативного воздействия отработанных карьеров на окружающую среду. Предложено технически полезное использование карьерной выработки в качестве полигона для временного хранения малоопасных промышленных отходов. Установлена целесообразность использования в качестве рекультивационных материалов для заполнения выработанного пространства карьера строительных песков, используемых в качестве модифицирующих добавок цементных композиций. Показано снижение ландшафтного загрязнения в процессе добычи нерудных материалов.

Получение высококачественных дисперсноармированных бетонов путем двухуровневого модифицирования его структуры комплексными органоминеральными добавками (КОМД). Выявлена целесообразность поиска новых модифицирующих добавок на основе техногенных образований и отходов, обеспечивающих улучшение механических,

гигрометрических и эксплуатационных свойств. Показана целесообразность использования в качестве модифицирующих добавок и армирующих волокнистых элементов измельченных строительных песков, вводимых совместно с цементом или клинкером, суперпластификатором и при необходимости других модифицирующих добавок. Введение в рецептуру бетона комплексных органоминеральных модификаторов (КОМД) в сочетании с армирующими элементами обеспечивает получение высококачественных дисперсноармированных фибробетонов требуемых эксплуатационных свойств.

Предлагаемые местные строительные материалы, в том числе высококачественные порошковые мелкозернистые бетоны и сухие строительные смеси, имеют следующие преимущества:

– формирование местной сырьевой базы;

– создание и использование рынка модифицирующих добавок на базе измельченных строительных песков, месторождения которых имеются в различных регионах РФ;

– снижение энергетических затрат при производстве основного компонента порошковых бетонов, вяжущего путем замены части цемента на микронаполнитель и, как следствие, снижение эмиссии углекислого газа в атмосферу;

– использование недефицитных местных сырьевых материалов, в том числе металлической фибры на базе продуктов переработки шин.

Указанные преимущества обеспечиваются рецептурой предлагаемых составов и технологическими решениями по их изготовлению.

Предложена система критериальных показателей карьерных выработок, обеспечивающая снижение негативного воздействия на окружающую среду. Комплексное решение использования местных материалов, промышленных отходов и безопасного размещения их в отработанных карьерах позволит минимизировать негативное воздействие на окружающую среду и решить ресурсосберегающие и природоохранные задачи.

Выполнено эколого-экономическое обоснование получения местных строительных материалов, в том числе с использованием измельченных кварцевых песков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Нормативные документы

1. ГОСТ 26633–91. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия.

2. ГОСТ 10181.0–81. Смеси бетонные. Общие требования к методам испытаний

3. ГОСТ 10180–90 (СТ СЭВ 3978–83). Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.

4. ГОСТ 12730.3–78. Бетоны. Методы определения водопоглощения.

5. ГОСТ 12730.4–78. Бетоны. Методы определения показателей пористости.

6. ГОСТ 13087–81. Бетоны. Методы определения истираемости.

7. ГОСТ 22452–80 Бетоны. Методы определения призменной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона.

8. ГОСТ 24211–2003. Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия.

9. ГОСТ 28013. Растворы строительные: Технические условия.

10.ГОСТ 5802. Растворы строительные: Методы испытаний.

11.Европейский стандарт YEATK.

12.Немецкий стандарт DIN 18555.

13.СНиП 5.01–2003. Бетонные и железобетонные конструкции.

14.СН 56–97. Проектирование и основные положения технологий производства фибробетонных конструкций.

Список использованной литературы

1. Ангашев, В.П. Основы геологии, минералогии и истрографии [Текст] / В.П. Ангашев, А.Д. Потапов. – М.: Высшая школа, 1999.

2. Баженов, Ю.М. Бетоны XXI века [Текст] / Ю.М. Баженов // Ресурсо- и энергосберегающие технологии строительных материалов, изделий и конструкций: материалы Междунар. конф. – Белгород: 1995. – С. 3–5.

3. Баженов, Ю.М. Бетоны повышенной долговечности [Текст] / Ю.М. Баженов // Строительные материалы. – 1999. – №7–8. – С. 21–22.

4. Баженов, Ю.М. Многокомпонентный мелкозернистый бетон для высотного строительства [Текст] / Ю.М. Баженов // Современное вы-

сотное строительство. Эффективные технологии и материалы: сб. докл. II междунар. симпозиум по строительным материалам КНАУФ для СНГ. – М.: АСВ, 2005. – С. 7–73.

5. Баженов, Ю.М. Модифицированные высококачественные бетоны[Текст] / Ю.М. Баженов, В.С. Демьянова, В.И. Калашников. – М.: АСВ, 2006. –368 с.

6. Баженов, Ю.М. Новый век: новые эффективные бетоны и технологии [Текст] / Ю.М. Баженов, В.Р. Фаликман // материалы I Всероссийской конференции. – М.,2001. – С. 91–101.

7. Бальзанников, М.И. Экологические аспекты производства строительных материалов из отходов промышленности [Текст] / М.И. Бальзанников, В.П. Петров // Современное состояние и перспективы развития строительного материаловедения. Восьмые академические чтения РААСН. – Самара, 2004. – С. 47–50.

8. Белякова, Е.А. Порошковые и порошково-активированные бетоны с использованием горных пород и зол ТЭЦ [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.23.05 / Белякова Е.А. – Пенза, 2013. – 190 с.

9. Бобрышев, А.Н. Природа оптимального наполнения композитов [Текст] / А.Н. Бобрышев // Утилизация отходов в производстве строительных материалов. – Пенза: ПДНТП, 1992. С. 89–92.

10. Боков, В.Г. Богатство в отвалах (проблемы утилизации горнопромышленных отходов в России) / В.Г. Боков, В.Л. Заверткин, В.Н. Лазарев. – 1994. – № 8–9.

11. Борзунов, В.М. Геолого-промышленная оценка месторождений нерудного минерального сырья [Текст] / В.М. Борзунов. – М., 1965.

12. Буткевич, Г.Р. Промышленность нерудных строительных материалов: достигнутое и перспективы [Текст] / Г.Р. Буткевич [и др.] // Строительные материалы. – 2003. – № 11. – С. 2–5.

13. Буянов, Ю.Д. Экономическая безопасность России при разработке сырья для промышленности строительных материалов [Текст] / Ю.Д. Буянов // Строительные материалы. – 2001. – № 4. – С. 21–23.

14. Валиев, Д.М. Пропариваемые песчаные бетоны нового поколения на реакционно-порошковой связке [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.23.05 / Д.М. Валиев. – Пенза, 2013. – 167 с.

15. Валиев, Д.М. Щебеночные и песчаные бетоны нового поколения [Текст] / Д.М. Валиев, В.М. Володин, Е.В. Гуляева, В.И. Калашников // сборник докладов Международного семинара-конкурса молодых ученых и аспирантов, работающих в области вяжущих веществ, бетонов и сухих смесей. – 2010. – С. 15–18.

16. Власов, В.К. Закономерности оптимизации состава бетона с дисперсными минеральными добавками [Текст] / В.К. Власов // Бетон и железобетон. – 1993. – №4. – С. 10–12.

17. Волженский, А.В. Минеральные вяжущие вещества [Текст] / А.В. Волженский. – М.: Стройиздат, 1986. – 464 с.

18. Высоцкий, С.А. Минеральные добавки для бетонов [Текст] / А.В. Волженский // Бетон и железобетон. – 1994. – №2. – С. 7–10.

19. Высоцкий, С.А. Оптимизация состава бетона с дисперсными минеральными добавками [Текст] / С.А. Высоцкий, М.И. Бруссер, В.П. Смирнов, А.М. Царик // Бетон и железобетон. – 1990. – №2. – С. 7–9.

20. Географический атлас Пензенской обл. – М.: Дрофа. – 1998.

21. Гуляева, Е.В. Реотехнологические характеристики пластифицированных цементно-минеральных дисперсных суспензий и бетонных смесей для производства эффективных бетонов [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Е.В. Гуляева.– Пенза, 2012. –178 с.

22. Гуляева, Е.В. Щебеночные и песчаные бетоны нового поколения [Текст] / Е.В. Гуляева, В.М. Володин, Д.М. Валиев, В.И. Калашников // Междунар. Семинар-конкурс молодых ученых и аспирантов, работающих в области вяжущих веществ, бетонов и сухих смесей «Бетон». – М., 2010. – С. 15–18.

23. Гумилевский, С.А. Кристаллография и минералогия [Текст] / С.А. Гумилевский, В.М. Киршон, Г.П. Луговской; под ред. д-ра геолого-минералогических наук профессора А.И. Гинзбурга. – М.: Изд. «Высшая школа», 1972.

24. Гусев, А.Д. Эффективные строительные материалы с использованием техногенных отходов [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / А.Д. Гусев.– Пенза, 2012. – 187 с.

25. Дворкин, Л.И. Строительные материалы из отходов промышленности [Текст]: учебно-справочное пособие / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – М.: «Феникс». – 2007.

26. Девяткин, В.В. Отходы как вторичные материальные ресурсы // Экология производства[Текст] / В.В. Девяткин. – 2007. – №2. – С.32–36.

27. Демьянова, В.С. Структурно-механические свойства многокомпонентного композиционного вяжущего [Текст] / В.С. Демьянова, Н.М. Дубошина, В.И. Калашников // Жилищное строительство. – 1997. – №3. –С. 21–23.

28. Демьянова, В.С. Эффективные сухие строительные смеси на основе местных материалов [Текст] / В.С. Демьянова, В.И. Калашников [и др.]. – М.: Изд-во АСВ, 2001. – 209 с.

29. Демьянова, В.С. Методологические и технологические основы производства высокопрочных бетонов с высокой ранней прочностью для беспрогревных и малопрогревных технологий [Текст]: автореф. дис. ... д-ра. техн. наук / В.С. Демьянова. – Пенза, 2002. – 43 с.

30. Демьянова, В.С. Быстротвердеющие высокопрочные бетоны с органоминеральными модификаторами [Текст] / В.С. Демьянова, В.И. Калашников. – Пенза: ПГУАС, 2003. – 195 с.

31. Демьянова В.С. Особо тяжелый высокопрочный бетон на основе вторичного сырья [Текст] / В.С. Демьянова, А.П. Прошин, Д.В. Калашников // Экология и промышленность. – 2003. – №8. – С.8–9.

32. Демьянова, В.С. Композиционные строительные материалы из отходов [Текст] / В.С. Демьянова, В.И. Логанина, Н.М. Дубошина // Экология и промышленность. 2003. – №7. – С. 12–13.

33. Демьянова, В.С. Многокомпонентные высококачественные бетоны различного функционального назначения [Текст]: моногр. / В.С. Демьянова, В.И. Калашников, В.М. Тростянский. – Пенза: ПГУАС, 2006. –131 с.

34. Демьянова, В.С. Экологические и техноэкономические аспекты использования отходов нерудной промышленности в производстве цемента [Текст] / В.С. Демьянова, В.И. Калашников, Г.Н. Казина, С.М. Саденко //Строительные материалы. – 2006. – №11. – С.52–55.

35. Демьянова, В.С. Комплексное использование промышленных отходов [Текст] / В.С. Демьянова // Экология и промышленность. – 2008. – №1. – С. 12–14.

36. Демьянова, В.С. Рациональное использование отходов камнедробильного производства в технологии смешанных вяжущих [Текст] / В.С. Демьянова, Н.М. Дубошина, И.В. Будников, Г.Д. Фадеева // Промышленное и гражданское строительство. –1999. – №10. – С.33–35.

37. Демьянова, В.С. Эффективные строительные материалы с использованием техногенных отходов [Текст]: моногр. / В.С. Демьянова, А.Д. Гусев. – Пенза: ПГУАС, 2013.

38. Демьянова, В.С. Рекультивация карьерных выработок малотоксичными промышленными отходами [Текст] / В.С. Демьянова, О.А. Чумакова, А.Д. Гусев // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики»: материалы 5-й Международной конференции по проблемам горной

промышленности, строительства и энергетики. – Тула: ТулГУ, 2009. – С. 394–398.

39. Демьянова, В.С. усадка и усадочная трещиностойкость высокопрочных бетонов [Текст] /, В.С. Демьянова, , В.И. Калашников, Е.Ю. Миненко. – Пенза: ЦНТИ, 2004. – 112 с.

40. Демьянова, В.С.Дисперсно-армированные бетоны с использованием вторичных материальных ресурсов [Текст]: моногр. / В.С. Демьянова, Г.Н. Симакина, А.Д. Гусев. – Пенза: ПГУАС, 2012. – 120 с.

41. Доклад КПР.

42. Зоткин, А.Г. Минеральные добавки в бетоне [Текст] / А.Г. Зоткин // Бетон и железобетон. – 2010 – №4(35) – С. 72–78.

43. Иванов, И.А. Местные строительные материалы Пензенской области [Текст] / И.А. Иванов, А.И. Кондрашов. – Саратов: Приволж. кн. Изд-во, Пенз. Отделение, 1970.

44. Калашников, В.И. Бетоны нового поколения на основе сухих тонкозернисто-порошковых смесей [Текст] / В.И. Калашников, О.В. Тараканов, Е.С. Кузнецов, В.М. Володин, Е.А. Белякова // Инженерно-строительный журнал. – 2012. – №8(34). – С. 47–53.

45. Калашников, В.И. Стабилизация водной суспензии высокодисперсного биокремнезема для использования в производстве растворов и бетонов [Текст] / В.И. Калашников, Тараканов О.В., Р.Н. Москвин, М.Н. Мороз, Е.А. Белякова, В.М. Тростянский // Композиционные строительные материалы. Теория и практика: сб. статей междунар. науч.-технич. конф. – Пенза: ПДЗ, 2012. – С. 35–40.

46. Калашников, В.И. Бетоны: макро-, нано- и пикомасштабные сырьевые компоненты. Реальные нанотехнологии бетонов [Текст] / В.И. Калашников // сб. докладов конференции «Дни современного бетона. От теории к практике». – Запорожье. – 2012. – С. 38–50.

47. Калашников, В.И. Трехслойные крупноформатные стеновые блоки из высокопрочного реакционно-порошкового бетона [Текст] / В.И. Калашников [и др.] // сб. статей Международной научно-технической конференции «Композиционные строительные материалы. Теория и практика». – Пенза: ПДЗ. – 2013. – С. 39–42.

48. Калашников, В.И. Методологические и технологические аспекты получения и применения высокодисперсных наполнителей бетонов [Текст] / В.И. Калашников, В.С. Демьянова, Е.Ю. Миненко // Строительные материалы. – 2004. – №3. – С. 5–7.

49. Калашников, С.В. Топология композиционных дисперсных и дисперсноармированных систем [Текст] / С.В. Калашников, В.И. Ка-

лашников, В.М. Журавлев // Композиционные строительные материалы. Теория и практика: материалы Международной научно-практической конференции. – Пенза: ПГУАС, 2005. – С. 79–87.

50. Калашников, В.И. Порошковые высокопрочные дисперсно-армированные бетоны нового поколения [Текст] / В.И. Калашников // Популярное бетоноведение. – 2008. – №6. – С. 5–8.

51. Калашников, В.И. Проблемы использования отсевов камнедробления в промышленности нерудных строительных материалов / В.И. Калашников, С.В. Ананьев // Новые энерго- и ресурсосберегающие наукоемкие технологии в производстве строительных материалов: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2009. – С. 97–105.

52. Калашников, В.И. Перспективы использования реакционно-порошковых сухих бетонных смесей в строительстве [Текст] / В.И. Калашников // Строительные материалы. – 2009. – №7. – С. 59–61.

53. Калашников, С.В. Тонкозернистые реакционно-порошковые дисперсно-армированные бетоны с использованием горных пород [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / С.В.. Калашников. – Пенза, 2006. – 22 с.

54. Калашников, В.И. Проблемы использования отсевов камнедробления в промышленности нерудных строительных материалов [Текст] / В.И. Калашников, С.В. Ананьев // Новые энерго- и ресурсосберегающие наукоемкие технологии в производстве строительных материалов: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2009. – С. 97–105.

55. Калашников, С.В. Тонкозернистые реакционно-порошковые дисперсно-армированные бетоны с использованием горных пород [Текст]: автореф. дис.... канд. техн. наук / С.В. Калашников. – Пенза, 2006. – 22 с.

56. Калашников, В.И. Ресурсосберегающие порошковые фибробетоны с использованием техногенных отходов [Текст] / В.И. Калашников, В.С. Демьянова, В.М.Володин, А.Д. Гусев // Строительные материалы. – 2012. – №8. – С.52–54.

57. Калашников, В.И. Порошково-активированные тонкозернистые сухие бетонные смеси для производства различных бетонов [Текст] / В.И. Калашников, В.М. Володин, Д.М. Валиев, С.В. Ананьев, И.Ю. Троянов // Фундаментальные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строи-

тельной отрасли Российской Федерации в 2010 году: РААСН, науч. тр. Российской академии архитектуры и строительных наук. – Москва-Орел. – 2011. – С. 285–289.

58. Касторных, Л.И. Строительные материалы [Текст]: учебно-справочное пособие / Л.И. Касторных. – М.: Изд-во «Феникс», 2007. – 224 с.

59. Комаров, М.А. Горно-промышленные отходы – дополнительный источник минерального сырья [Электронный ресурс] / М.А. Комаров, В.А. Алискеров, В.И. Кусевич, В.Л. Заверткин. – Режим доступа: http://www.vipstd.ru/gim/content/view/407/197/. (дата обращения 02.07.2014 г.)

60. Краснов, А.М. Влияние высокого наполнения мелкозернистого бетона на структурную прочность [Текст] / А.М. Краснов, С.В. Федосов, М.В. Акулова // Строительные материалы. – 2009. – №1. – С. 48–50.

61. Курто, Ф. Реология как инструмент определения удобоукладываемости самоуплотняющегося бетона [Текст] / Ф., Курто Ф. Лонги, С. Карра // CPi. Международное бетонное производство. – 2011. – №4. – С. 38–45.

62. Круглик, С.И. Национальный проект по жилью – это всерьез и надолго [Текст] / С.И. Круглик // Строительные материалы XXI века. – 2006. – № 8. – С. 8–9.

63. Курс месторождений неметаллических полезных ископаемых[Текст] / под ред. П.М. Татаринова. –М., 1969.

64. Лазуткин, А.В. Использование отсевов дробления – важный фактор экономического роста предприятий нерудной промышленности [Текст] / А.В. Лазуткин, В.И. Эйрих, В.П. Жуков // Строительные материалы 2008. – № 11. – С.6–8.

65. Лобачева, Г.К. Состояние вопроса об отходах и современных способах их переработки [Текст]: учеб. пособие / Г.К. Лобачева, В.Ф. Желтобрюхов [и др.]. – Волгоград: ВолГУ, 2005. –176 с.

66. Лопатко, А.И. Влияние фазовой гетерогенности кварцевого компонента и пластифицирующих добавок на реологические свойства композиционного вяжущего [Текст] / А.И. Лопатко, Е.В. Кобзев // Секция 1. Актуальные проблемы строительного комплекса: строительные материалы и технологии. – С. 187–191.

67. Лотош, В.Е. Экология природопользования Лотош В.Е.. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. эконом. ун-та, 2000. – 540 с.

68. Луко Л.Ф., Кальво Х.Л.Г., Веласко М.Р. Повышение экологичности и безопасности сборных железобетонных конструкций Луко Л.Ф., Кальво, Х.Л.Г., Веласко М.Р. // CPi. Международное бетонное производство. – 2012. – №5. – С. 34–40.

69. Макарова, И.В. Снижение техногенной нагрузки на окружающую среду при использовании отходов горнопромышленного комплекса в производстве силикатных материалов [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 03.00.16 / И.В. Макарова. – 334 с.

70. Макридин, Н.И. К вопросу оптимизации структуры и свойств бетона / Н.И. Макридин, А.П. Прошин, И.Н. Максимова, Б.Б. Второв // Современные проблемы строительного материаловедения. Ч. 3. Перспективные направления в теории и практике минеральных вяжущих веществ и материалов на их основе. – Казань. – 1996. – С.70–72.

71. Мамуровский, А.А. Пылевидный кварц как промышленное сырье [Текст] / А.А. Мамуровский, Б.П. Ависов // Минеральное сырье, 1937. – №10–11.

72. Минералогическая энциклопедия [Текст]: пер. с англ. / под ред. К. Фрея. – Л.: Недра, 1985. – 512 с.

73. Минерально-сырьевая база строительной индустрии Российской Федерации. Т. 35. Пензенская область [Текст].– М.: Российский Федеральный геологический фонд, 1994.

74. Орлецкая, Л.В. Ценные вторичные ресурсы [Текст] / Л.В. Орлецкая / Специализированный информационно-аналитический журнал «Рециклинг отходов». – 2006. – №6. – С. 3–4.

75. Официальный сайт правительства Пензенской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.penza.ru/ – (дата обращения 02.07.2014 г.)

76. Официальный сайт Строительного холдинга ООО ПКФ «Термодом» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.pnzstroi.ru/company/builder/6. (дата обращения 02.07.2014 г.)

77. Перминов, Б.Г. Сырьевая база строительных материалов Пензенской области [Текст]: учеб. пособие / Б.Г. Перминов, И.В., Будников Е.В. Кондратьева – Пенза: ПГАСА, 2003.

78. Перцев, В.Т. Структурно-реологические свойства дисперсно-зернистых систем [Текст] / В.Т. Перцев, А.Н. Бобрышев, П.А. Головинский [и др.]. – Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т, 2010. – 196 с.

79. Перцев, В.Т. Высококачественные бетоны на основе местных сырьевых материалов модифицированных нанотрубками [Текст] / В.Т. Перцев, Н.С. Гончарова, В.Т. Власов, О.Б. Рудаков // Научный

вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура – 2012. – Вып. 2 (26). – С.46–54.

80. Попов, Г.М. Кристаллография [Текст] / Г.М. Попов, И.И. Шафрановский. – М.: Госгеолтехиздат, 1955.

81. Рахимов, Р.З. Проблемы отечественного производства строительных материалов и строительного материаловедения [Текст] / Р.З. Рахимов // Современные проблемы строительного материаловедения / Пятые Академические чтения РААСН. – Воронеж, 1999. – С. 372–376.

82. Сенаторов, П.П. Минерально-производственный комплекс Пензенской области [Текст] / П.П. Сенаторов, Р.Г. Власова [и др.]. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2002. – 128 с.

83. Сметанин, В.И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель [Текст]: учебник / В.И. Сметанин. – М.: КолосС, 2003. – 94 с.

84. Смирнов, В.И. Геология полезных ископаемых [Текст] / В.И. Смирнов. – 2 изд. – М., 1969.

85. Смольянинов, Н.А. Практическое руководство по минералогии [Текст] / Н.А. Смольянинов. – М.:Госгеолтехиздат, 1955.

86. Сулименко, Л.М. Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе [Текст] / Л.М. Сулименко. – М.: Высшая школа, 1983.

87. Тараканов, О.В. Бетоны с модифицирующими добавками на основе вторичного сырья [Текст] / О.В. Тараканов. – Пенза: ПГУАС, 2005. – 564 с.

88. Тараканов, О.В. К вопросу о влиянии органоминеральных добавок на прочность цементных композиций [Текст] / О.В. Тараканов, В.М. Журавлев, Е.А. Белякова, Е.О. Тараканова, Р.С. Логинов // Новые энерго- и ресурсосберегающие наукоемкие технологии в производстве строительных материалов: сб. трудов Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза: ПДЗ. – 2009. – С. 200–203.

89. Тараканов, О.В. О повышении эффективности комплексных органоминеральных добавок в цементно-песчаных растворах [Текст] / О.В. Тараканов, Е.А. Белякова, Е.О. Тараканова // проблемы современного строительства: сб. науч. тр. Междун. науч.-техн. конф. – Пенза: ПГУАС. – 2009. – С. 271–275.

90. Тараканов, О.В. Применение местных сырьевых ресурсов как фактор развития территории Пензенской области [Текст] / О.В. Тараканов, Е.А. Белякова // Управление земельно-имущественными отношениями: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза: ПГУАС. – 2009. – С. 14–18.

91. Тараканов, О.В. Влияние минеральных добавок на прочность цементно-песчаных растворов [Текст]: Ч.1. / О.В. Тараканов, Е.А. Белякова, Е.О. Тараканова // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. Сухие строительные смеси. – 2009. – №4 (12). – С. 16–18.

92. Тараканов, О.В. Влияние минеральных добавок на прочность цементно-песчаных растворов [Текст]: Ч. 2. / О.В. Тараканов, Е.А. Белякова, Е.О. Тараканова // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. Сухие строительные смеси. – 2009. – №5–6 (13–14). – С. 59–61.

93. Ушеров-Маршак, А.В. Добавки в бетон: прогресс и проблемы [Текст] / А.В. Ушеров-Маршак // Строительные материалы. – 2006 – № 10 – С. 8–12.

94. Фаликман, В.Р. Новые эффективные высокофункциональные бетоны [Текст] / В.Р. Фаликман // Бетон и железобетон. – 2011. – С. 78–84.

95. Флинт, Е.Е. Начало кристаллографии [Текст] / Е.Е. Флинт. – М.:Госгеолиздат, 1952.

96. Хозин, В.Г. Высокопрочные цементные бетоны для дорожного строительства [Текст] / В.Г. Хозин, Н.М. Морозов, С.В. Степанов, И.В. Боровских // Строительные материалы. – 2009 – №11 – С. 15–17.

97. Хрусталев, Б.Б. Формирование стратегии развития предприятий строительного комплекса [Текст] / Б.Б. Хрусталев, В.С. Демьянова, М.Г. Ганаев// Региональная архитектура и строительство. – 2012. – №2. – С.177–180.

98. Хрусталев, Б.Б. Теоретические основы формирование стратегии развития предприятий строительного комплекса. [Текст] / Б.Б. Хрусталев, В.С. Демьянова // Вестник КазГАСУ. – 2012 – №3 – С. 57–60.

99. Чернышов, Е.М. Модифицирование структуры цементного камня микро- и наноразмерными частицами кремнезема (вопросы теории и приложений) [Текст] / Е.М. Чернышов, Д.Н. Коротких // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2008. – №5. – С. 30–32.

100. Чертес, К.Л., Быков Д.Е. Комплексное размещение отходов промышленного мегаполиса Чертес К.Л., Быков Д.Е. // Экология и промышленность России. – 2003. – С. 4–8.

101. Шабанов, В.В. Введение в рациональное природопользование. [Электронный ресурс] / В.В. Шабанов. – Режим доступа:http://

www.msuee.ru/html2/books/vvedenie/stranicy/4.htm. (дата обращения 02.07.2014 г.)

102. Штарк, Й. Некоторые аспекты химии цемента в самоуплотняющемся бетоне [Текст] / Й. Штарк, М. Фриберг // Цемент и его применение. – 2005. – №6. – С. 58–60.

103. Шуленина, З.М. Техногенные ресурсы России. Общие сведения [Текст]: справочник / З.М. Шуленина, Н.В. Анфилатова, Е.Н. Ковалева. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2001.

104. Шуттер, Г.Д. Самоуплотняющийся бетон: путь в будущее [Текст] / Г.Д. Шуттер // CPi. Международное бетонное производство. – 2013. – №5. – С. 40–45.

105. Энциклопедия современной техники. Строительство [Электронный ресурс]. –М.: Изд-во «Советская энциклопедия». – 1964. – Режим доступа: http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-181–2/289.htm. (дата обращения 03.07.2014 г.)

106. Официальный сайт Министерства транспорта и дорожного хозяйства Республики Саха (Якутия). Режим доступа: http://sakha.gov.ru/node/20428. (дата обращения 03.08.2014 г.).

107. Richard P., Cheurezy M., Composition of Reactive Powder Concrete. Cem. Coner. Res. Vol. 25. No. 7. S. 1501–1511, 2001.

108. Edward G., Nawy P. Fundaments of High Performance Concrete. Sec. ed., Willy. 2001. – 302 p.

109. Richard P., Cheurezy M. Reactive Powder Concrete with Heigh Ducttility and 200–800 MPa Compressive Strength.// AGJ SPJ 144–22, – 1994, pp. 507–518.

110. Richard P., Cheurezy M., Composition of Reactive Powder Concrete. Cem. Coner. Res. Vol. 25. No. 7. S. 1501–1511, 2001.

111. Reschke Th, Thielen G. Einfiub der Granulometrie der Feinstoffe auf die Festigkeits – und Gefugeentwicklung Von Mortel und Beton. 14 Internationale Baustofftagung IBAUSIL, Weimar, 20–23 sept, 2000 j, s. 1-0289–1-0299.

112. Alexander A., Poruere G., Ivanusec I. Hte creep and related properties of very high – strength strength superplaticized concrete // Cem. Fnd Concret Res. 1980. Vol.10. №2. P. 187–198.

113. Bornemann R., Fenling E. Ultrahochfester Beton – Eutwicklung und Verhalten. Leipziger Massivbauseminar, 2000. Bd. 10, S 1–15.

114. Bui V.K., Montgomery D., Hinczac J., Turner K. Rapid testing method for segregation resistance of self – compacting concrete; Cement and Concrete Research 32, 2003, pp. 1489–1496.

115. Dallaire E., Aitcin P.C., Lachemi M. High-perfomance powder // Civil Engineering. 1998. Vol.68. №1. p.49–51, ill., tabl. (англ.).

116. Griibe P., Lemmer C. Riihl M. Von Gussbeton Zum Selbstverdichtenden Beton. Geburtstag von. Prof. Dr. – Jng. Peter Schiepl. Heft. 2 2003. S. 243–249

117. Ngab A.S., Slate F.O., Nilson A.H. Vicrocraking and time – dependent strains in high strength concrete/Л. Amer. Concr. Inst. 1981. 78. №4. p.p. 262–268.

118. Mehta P.K., Aitcin P.C.. Principlts Underlying Production of High – Performance Concrete. Cement, Concrete and Aggregates. 1990. Vol.12. №2. p.p. 70–78.

119. Orchard D. Concrete Technology, Properties and testing of aggregates, London, V3, 1976, p/ 281.

120. Stark U., Reinold M., Muller A. Neue Methoden zur Messung der Korngrobe und Kornform von Mikro bis Makro. 15 Internationale Baustofftagung IBAUSIL, Weimar, 24–27 sept, 2003 j, s. 1–1369–1–1380.

121. Thomas M.D.A., Cail K., Hooton R.D. Development and field applications of silica fume concrete in Canada//Canadian Journal of Engineering. 1998. Vol. 25. №3. p.p. 391–400.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ 3

ВВЕДЕНИЕ 4

1. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ 6

1.1. Исторический очерк и основные направления развития минералогии в РФ 6

1.2. Характеристика технологического процесса добычи полезных ископаемых как источник негативного воздействия на окружающую природную среду 10

1.3. Рациональное использование природных ресурсов как средство защиты окружающей среды 14

1.4. Технические и эколого-экономические аспекты добычи полезных ископаемых на примере месторождений Пензенской области 16

2. МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ18

2.1. Освоение минерально-сырьевых ресурсов Пензенской области18

2.2. Характеристика сырьевых ресурсов: происхождение, гранулометрический и минералогический составы 34

3. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЕСКОВ 40

4. РАСШИРЕНИЕ ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЕСКОВ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ 44

4.1. Производство композиционного вяжущего 45

4.2. Производство сухих строительных смесей 47

4.3. Производство высококачественных бетонов 58

5. РЕОЛОГИЧЕСКИЕ, ФИЗИКО-МЕЗАНИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУПАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МЕСТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ 60

5.1. Влияние вида и содержания измельченного песка на растекаемость цементных композиций 60

5.2. Физико-механические свойства мелкозернистых порошковых бетонов нового поколения 62

5.3. Эксплуатационные показатели фибробетона 70

6. СНИЖЕНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ПРОЦЕССЕ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ 73
6.1. Снижение запыленности атмосферного воздуха в процессе добычи полезных ископаемых на примере месторождений Пензенской области 73
6.2. Рекультивация и характеристика рекультивационных работ на отработанных карьерах 89
6.3. Использование отходов в качестве рекультивационных материалов для заполнения выработанного пространства карьеров 93
7. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА МЕСТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ 102
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 108
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 110

Научное издание

Демьянова Валентина Серафимовна
Чумакова Ольга Александровна

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕЛКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЕСКОВ
В СОСТАВЕ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Монография

Р е д а к т о р В.С. Кулакова
В е р с т к а Т.А. Лильп

Подписано в печать 10.11.14. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 7,29. Уч.-изд.л. 7,75. Тираж 500 экз. 1-й завод 100 экз.
Заказ №418.

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.